

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

SIMONE MINUZZO

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO DE FRANCISCO
BELTRÃO-PR E SUAS
INFLUÊNCIAS NAS INUNDAÇÕES DO PERÍMETRO URBANO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PATO BRANCO
2016**

SIMONE MINUZZO

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO DE FRANCISCO
BELTRÃO-PR E SUAS
INFLUÊNCIAS NAS INUNDAÇÕES DO PERÍMETRO URBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído

Orientador:

Prof.º Dr.: Ney Lyzandro Tabalipa

Coorientador:

Prof.º Dr.: Júlio Caetano Tomazoni

PATO BRANCO
2016

M668a Minuzzo, Simone.
Análise das características do solo de Francisco Beltrão – PR e suas influências nas inundações do perímetro urbano / Simone Minuzzo . -- 2016.
182 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa
Coorientador: Prof. Dr. Júlio Caetano Tomazoni
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Pato Branco, PR, 2016.
Bibliografia: f. 135 – 139.

1. Solos - Análise. 2. Solos - Inundação. 3. Solos - Classificação. I. Tabalipa, Ney Lyzandro, orient. II. Tomazoni, Júlio Caetano, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDD 22. ed. 624

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO Nº 04

Título da Dissertação

“Análise das características do solo de Francisco Beltrão-PR e suas influências nas inundações do perímetro urbano”

Autor

Simone Minuzzo

Esta dissertação foi apresentada às 8 horas do dia 30 de novembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL– Linha de pesquisa em tecnologia ambiental no ambiente construído- Mecânica dos solos- no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. A autora foi arguida pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Ney Lyzandro Tabalipa
UTFPR/PB
Presidente

Prof. Dr. Murilo Cesar Lucas
UTFPR/PB
Examinador

Prof. Dr. Décio Lopes Cardoso
UNIOESTE/Cascavel
Examinador

Visto da Coordenação

Prof. Dra. Caroline Angulski da Luz
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil- PPGEC

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGEC

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Dr. Ney Lyzandro Tabalipa pelas orientações, pelo tempo dedicado e principalmente pelo conhecimento compartilhado. Agradeço, também, ao Dr. Júlio Caetano Tomazoni pelas orientações na produção dos mapas.

Agradeço ao instrutor de SIG (Sistema de Informação Geográfica) Rudimar Ernandes Walkoviecs, pelas aulas, nas quais eu aprendi usar o software SPRING.

Agradeço a minha colega e amiga Ediane Cristina Daleffe pela parceria na realização de ensaios de campo e laboratório.

Agradeço ao meu marido Gilmar Grossklaus de Souza, assim como ao Marlon Henrique Scalabrin, Alcemir e a minha sobrinha Kethlyn Souza pela ajuda na realização dos ensaios de infiltração.

Agradeço aos professores da banca examinadora pelas correções e sugestões.

RESUMO

Minuzzo, Simone. Análise das Características do Solo de Francisco Beltrão-PR e suas Influências nas Inundações do Perímetro Urbano. 2016. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

A ocupação territorial do município de Francisco Beltrão foi realizada pensando apenas nas necessidades emergenciais, sem pensar na degradação que esta ocupação sem o planejamento adequado transferiria ao meio ambiente e aos seus habitantes. O processo de urbanização intenso impermeabilizou massivamente o solo, assoreou os rios e removeu grande parte da mata ciliar, fatores estes que fazem elevar a vulnerabilidade em relação às inundações. O objetivo deste trabalho foi fazer a espacialização dos resultados de ensaios de caracterização de 24 amostras de solo em mapas temáticos, bem como fazer mapas temáticos para caracterizar o relevo e o uso e ocupação do solo. O SIG utilizado foi o SPRING. Para análise dos resultados foram realizadas diversas tabulações cruzadas entre os mapas. A classificação do solo foi realizada de acordo com a Classificação Unificada e com a textura. Determinou-se a infiltração do solo em diversos pontos através do método de anéis concêntricos. A densidade do solo, em geral, se mostrou mais preponderante nas interferências na taxa de infiltração que a textura do solo. Através do mapa de uso e ocupação de solo verificou-se a elevada impermeabilização do território e a falta de áreas verdes para amortecimento da águas de chuva, assim como a escassez de mata ciliar. Através do cruzamento de informações entre o mapa de uso e ocupação do solo com o mapa de hipsometria constatou-se que uma área construída correspondente a 18,75% da área urbana encontra-se em local de risco de inundação. Quatro mapas de manchas de inundação foram obtidos através do reconhecimento do alcance das manchas de inundação dos períodos de 2011, 2013, 2014 e 2015. De acordo com os levantamentos realizados a cota máxima de inundação determinada foi de 548m. Foi realizada a tabulação cruzada entre o mapa de declividade com os mapas de mancha de inundação que demonstram que as áreas mais afetadas pelas inundações são as de menor declividade (0 a 3%) que totalizam 53,58% das áreas inundadas. Os mapas temáticos gerados fornecem informações importantes sobre as características do território urbano. Os resultados apresentados podem auxiliar no planejamento e readequação do espaço urbano.

Palavras-chave: Características do Solo. Inundações. Ocupação.

ABSTRACT

Minuzzo, Simone. Analysis of the Soil Characteristics of Francisco Beltrão-PR and its Influence on the Flooding of the Urban Perimeter. 2016. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Land occupation in Francisco Beltrão, Paraná, was carried out bearing in mind only emergency needs, without considering the impact this unplanned occupation would have on the environment and on its inhabitants. The intense urbanization process waterproofed the soil, silted the rivers and removed the riparian forests, factors that increase vulnerability to flooding. The objective of this paper has been to spatialize the results of characterization tests of 24 soil samples in thematic maps, as well as making thematic maps to characterize the relief and the use and occupation of the soil, as well as maps with the floods that occurred in 2012, 2013, 2014 and 2015. The GIS - Geographic Information System used was SPRING. In order to analyze the results, there have been several cross-checks of data between the maps. Soil classification was performed according to the Unified Classification and with the texture. Soil infiltration at 23 points was determined by the concentric ring method. Soil density, in general, showed to be more preponderant in the interferences in the infiltration rate than the soil texture. The land use and occupation map showed the high waterproofing condition of the territory and the lack of green areas to cushion the rainwater, as well as the scarcity of ciliary forest. Through the cross-linking of the map of land use and occupation with the map of hypsometry, it was verified that a constructed area corresponding to 18.75% of the urban area is located at a risk of flood area. Four maps of flood spots were obtained by recognizing the extent of flood spots in the periods of 2011, 2013, 2014 and 2015. According to the surveys, the maximum flood level determined was 548m. Crossing between the declivity map and the floodplain maps shows that the areas most affected by the floods are those with the lowest slope (0 to 3%), which total 53.58% of the flooded areas. The resulting thematic maps provide important information about the characteristics of the urban territory. The presented results can help in the planning and re-adaptation of the urban space.

Keywords: Soil Characteristics. Floods. Occupation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil Esquemático do Processo de Enchente e Inundação	31
Figura 2: Planos de Informação Resultantes do Processo de Padronização fuzzy	54
Figura 3: Mapa de áreas de risco de Enchentes na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lonqueador e Gráfico de Quantificação do Mapa.....	55
Figura 4: Mapa de Riscos de Enchentes em Áreas Urbanizadas na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lonqueador (SW/PR) e Gráfico de Quantificação do Mapa.	56
Figura 5: Mapa de Áreas Propícias para Expansão Urbana.	57
Figura 6: Mapa de Risco de Inundação.	58
Figura 7: Renda Média das Pessoas em Áreas de Risco de Inundação.....	59
Figura 8: Tamanho das Habitações em Áreas de Risco de Inundação	60
Figura 9: Alfabetização das Pessoas em Áreas de Risco de Inundação	61
Figura 10: Localização de Francisco Beltrão no Estado do Paraná	63
Figura 11: Mapa das Bacias Hidrográficas do Paraná.....	64
Figura 12: Localização Francisco Beltrão na Bacia do Rio Iguaçu	64
Figura 13: Localização de Francisco Beltrão na Bacia do Rio Marrecas.....	65
Figura 14: Espacialização dos Pontos Onde Foram realizados os Ensaios de Infiltração e a Coleta de Solo para Ensaios de Caracterização.....	71
Figura 15: Esquema representativo da infiltração da água no solo a partir dos anéis concêntricos.....	73
Figura 16: Recorte de um Trecho de Imagem para Demonstrar a Segmentação Realizada	86
Figura 17: Pontos de onde Foram Levantados Voos com o Drone para Captura de Imagens e Vídeos das Inundações de Francisco Beltrão	92
Figura 18: Mapa Limite de Liquidez.....	94
Figura 19: Mapa Concentração de Areia.....	98
Figura 20: Mapa de Concentração de Argila.....	99
Figura 21: Mapa Concentração de Silte	100
Figura 22: Mapa de Infiltração	103
Figura 23: Mapa de Solos ITCG – EMBRAPA	107
Figura 24: Mapa de Densidade do Solo Seco.....	110
Figura 25: Mapa Teor de Umidade.....	113
Figura 26: Mapa de Uso e Ocupação do Solo de 2016	116
Figura 27: Mapa de Hipsometria do Perímetro Urbano de Francisco Beltrão	120
Figura 28: Mapa de Declividade	121
Figura 29: Figura 29: Mancha de Inundação 2011	127
Figura 30: Mancha de Inundação 2013	128
Figura 31: Mancha de Inundação 2014	129
Figura 32: Mancha de Inundação 2015	130

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Inundação Junho de 2014 Francisco Beltrão	52
Fotografia 2: Execução do Ensaio de Infiltração.....	72
Fotografia 3: Preparação das Amostras	75
Fotografia 4: Ensaio Limite de Liquidez	78
Fotografia 5: Coleta Amostras Indeformadas.....	84
Fotografia 6: Drone e câmera utilizada para capturação de fotografias da inundação de 2015	91
Fotografia 7: Inundação Junho de 2014	122
Fotografia 8: Primeiro Ponto de Voo Imagens Inundação Bairro Marrecas e Alvorada	123
Fotografia 9: Segundo Ponto de Voo Bairro Cristo Rei	123
Fotografia 10: Terceiro Ponto de Voo Bairro Centro e Vila Nova	124
Fotografia 11: Quarto Ponto de Voo Bairro Vila Nova.....	124

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Carta de Plasticidade	81
Gráfico 2: Classes Texturais do Solo	82
Gráfico 3: Triângulo com a Determinação da Textura do Solo	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faixas não Edificáveis de Drenagem.....	47
Tabela 2: Variação de Temperatura Mensal.....	68
Tabela 3: Evapotranspiração mensal.....	69
Tabela 4: Precipitação Mensal.....	69
Tabela 5: Sistema para Classificação Unificada do Solo.....	78
Tabela 6: Limites de Liquidez.....	93
Tabela 7: Classes Índice de Liquidez.....	94
Tabela 8: Classificação Unificada do Solo.....	95
Tabela 9: Classificação do Solo Quanto a Textura.....	96
Tabela 10: Abrangência Areia.....	101
Tabela 11: Abrangência Argila.....	101
Tabela 12: Abrangência Silte.....	101
Tabela 13: Dados Infiltração da Água no Solo.....	102
Tabela 14: Abrangência Taxa de Infiltração.....	104
Tabela 15: Tabulação Cruzada Entre Mapa de Infiltração e Mapa de Concentração de Argila.....	105
Tabela 16: Classes de Solo ITCG/EMBRAPA.....	108
Tabela 17: Densidade do Solo.....	108
Tabela 18: Classes Densidade do Solo.....	109
Tabela 19: Tabulação Cruzada entre Densidade e Infiltração.....	111
Tabela 20: Teor de Umidade do Solo.....	112
Tabela 21: Classes Umidade do Solo.....	114
Tabela 22: Áreas de Uso e Ocupação do Solo.....	114
Tabela 23: Área de Abrangência das Declividades.....	117
Tabela 24: Abrangências das Classes Hipsométricas.....	117
Tabela 25: Altimetria das Ocupações do Solo.....	118
Tabela 26: Altimetria das Áreas Construídas.....	118
Tabela 27: Declividade das Áreas de Abrangência das Ocupações do Solo.....	119
Tabela 28: Declividade das Áreas Construídas.....	119
Tabela 29: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2011 e Mapa de Declividade.....	125
Tabela 30: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2013 e Mapa de Declividade.....	125
Tabela 31: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2014 e Mapa de Declividade.....	125
Tabela 32: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2015 e Mapa de Declividade.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional da águas
Art.	Artigo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
MINEROPAR	Minerais do Paraná SA
SIG	Sistema de Informação Geográfica
S/D	Sem Data
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
CANGO	Colônia Agrícola Nacional General Osório
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>CNU</i>	Coefficiente de Não Uniformidade
SP-SC	Areia Mal Graduada Argilosa
MNT	Modelo Numérico do Terreno
CAT_MNT	Categoria Modelo Numérico do Terreno
ITCG	Instituto de Terras Cartografia e Geociências
VBI	Velocidade básica de infiltração
UTM	Universal Transversa de Mercator
PPGEC	Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Tac	Tempo Acumulado

LISTA DE SÍMBOLOS

T	Temperatura do ensaio (°C)
k	Condutividade hidráulica (cm/s)
<i>k</i>	Coefficiente de permeabilidade (m.s-1)
<i>v</i>	Viscosidade
D	Diâmetro (m)
γ_w	Peso específico da água (g/cm ³)
CP	Corpos de Prova
CAP	Cápsula
MBU	Massa bruta úmida
MBS	Massa bruta seca
MW	Massa de água
Ms	Massa seca
w	Teor de umidade
γ	Massa específica máxima
<i>TI</i>	Taxa de infiltração
<i>I</i>	Infiltração acumulada
<i>t</i>	Tempo
<i>mm</i>	Milímetro
<i>mm.h⁻¹</i>	Milímetro por hora
NR	Número de Reynolds
V	Velocidade (m/s)
∂	Derivada parcial
<i>h</i>	Carga piezométrica
^o C	Graus célsius
<i>log</i>	Logaritmo
IP	Índice de plasticidade
CC	Coefficiente de curvatura dos grãos
<i>VIm</i>	Velocidade de Infiltração Média
<i>h:</i>	Umidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVOS	26
1.1.1 Objetivo Geral	26
1.1.2 Objetivos Específicos	26
1.2 JUSTIFICATIVA	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 DESASTRES NATURAIS.....	29
2.2 ENCHENTES, INUNDAÇÕES, ALAGAMENTOS E ENCHURRADAS	30
2.3 HIDROLOGIA	32
2.4 CICLOS HIDROLÓGICOS	34
2.5 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	35
2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	36
2.7 URBANIZAÇÃO	39
2.7.1 URBANIZAÇÃO DE FRANCISCO BELTRÃO	43
2.8 GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	47
2.9 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GESTÃO TERRITORIAL ..	50
2.10 ALAGAMENTOS EM FRANCISCO BELTRÃO	52
3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO	63
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	63
3.2 GEOLOGIA.....	65
3.3 GEOMORFOLOGIA	66
3.4 SOLOS.....	66
3.4.1 Descrição Dos Tipos De Solo.....	66
3.5. CLIMA	67
3.5.1 Temperatura.....	67
3.5.2 Umidade Relativa	68
3.5.3 Evapotranspiração	68
3.5.4 Precipitações Pluviométricas	69
4 METODOLOGIA.....	71
4.1 DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	71
4.2 COLETA DE SOLO.....	74

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS	75
4.4 ENSAIO DE GRANULOMETRIA	76
4.5 LIMITES DE CONSISTÊNCIA	77
4.5.1 Limite De Liquidez.....	77
4.6 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO.....	78
4.6.1 Classificação de Solos Granulares.....	79
4.6.2 Solos com Granulação Fina.....	80
4.7 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO QUANTO A TEXTURA	81
4.8 CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO QUANTO A DECLIVIDADE	82
4.9 DENSIDADE DO SOLO	83
4.10 TEOR DE UMIDADE DO SOLO	84
4.11 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	85
4.12 ELABORAÇÃO MAPAS DE SOLO POR KRIGEAGEM.....	88
4.12 ELABORAÇÃO MAPAS DE MANCHA DE INUNDAÇÃO	91
5 RESULTADOS	93
5.1 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO.....	93
5.1.1 Limites De Liquidez	93
5.1.2 Classificação Unificada Do Solo.....	95
5.1.3 Classificação do Solo Quanto a Textura.....	96
5.2 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	102
5.3 DENSIDADE DO SOLO	108
5.4 TEOR DE UMIDADE DO SOLO	111
5.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	114
5.6 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO QUANTO AO RELEVO	117
5.7 MAPAS DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO DE DIFERENTES PERIODOS DO PERIMETRO URBANO DE FRANCISCO BELTRÃO E IMAGENS DA INUNDAÇÃO OCORRIDA EM 2015	122
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
6.1 CONCLUSÕES	131
6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	135
APÊNDICE A - DADOS ENSAIO DE INFILTRAÇÃO.....	141

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é formado por vários elementos, dentre eles estão o clima, relevo, recursos hídricos, vegetação, fauna, formação geológica e solos. Todos esses elementos se relacionam e um possui influência sobre o outro. As ações antrópicas alteram de maneira intensa e rápida as características dos elementos do meio ambiente e estas alterações além de serem prejudiciais ao meio ambiente, acabam sendo prejudiciais ao próprio homem (MOTA, 1999).

Com a intenção de atender suas necessidades básicas, o homem modifica o meio ambiente através da utilização dos recursos naturais. A ocupação humana em ambiente natural inicia com a remoção da cobertura vegetal, isso provoca danos à fauna e à flora. Essa remoção de vegetação leva ao empobrecimento do solo pela remoção de camada fértil. Esta remoção de vegetação viabiliza o carregamento de solo através da erosão em direção aos recursos hídricos superficiais promovendo o assoreamento dos rios e diminuindo o escoamento. Devido a isso associado ao aumento do escoamento superficial com a falta de infiltração desencadeada pela impermeabilização é que resultam os problemas de inundações (MOTA, 1999).

O distrito de Francisco Beltrão teve sua origem em 1940, onde fica hoje o interior da cidade de Renascença. Nas proximidades do vilarejo, onde se desenvolvia o município, às margens do rio Marrecas, a CANGO (Colônia Agrícola General Osório) resolveu instalar-se provisoriamente às margens do Rio Marrecas, isso fomentou o surgimento de um novo vilarejo, chamado de Vila Marrecas. A CANGO acabou instalando-se na vila definitivamente e com ela trouxe profissionais de diversas áreas, visando a ocupação das terras do sudoeste do Paraná, como uma das metas de desenvolvimento para a região, por parte do Governo Federal. Em 1951 o governo do Estado, através da Lei Estadual 790 tornou o distrito de Francisco Beltrão município, mudando a sede do mesmo para a Vila Marrecas (MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO, S/D).

O desenvolvimento da cidade se deu em torno das duas margens do rio Marrecas englobando alguns de seus afluentes, como o rio Lonqueador e Santa Rosa. A mata ciliar foi drasticamente removida, assim como a vegetação da planície de inundação, abrindo espaço para residências, prédios, comércio, indústrias, calçadas e estradas. Enfim, toda a área do perímetro urbano, que circunda os rios foi massivamente impermeabilizada.

As cheias, que desde o tempo da colonização ocorriam na região, foram tornando-se cada vez mais frequentes, a Defesa Civil do município possui registro de pelo menos uma

inundação por ano de 2011 a 2015. Isso se deve à intensa urbanização e às especulações imobiliárias dos últimos anos que elevou o preço dos imóveis na região, implantando novos loteamentos, a maioria deles em locais de elevada declividade.

Os fatores que contribuem para a vulnerabilidade de inundação são os seguintes: Maior porcentagem da área da bacia possuindo regiões com áreas de elevada declividade, cobertura de solos muito argilosos, expansão urbana em direção a montante e na planície de inundação, que traz consigo a remoção da cobertura vegetal, diminuição das áreas permeáveis trazendo a maior exposição da população ao risco de inundação (PRAWIRANEGARA, 2014).

Os processos de uso e ocupação do solo contribuem para a erosão, poluição das águas e provocam as inundações. Por essa razão os problemas causados pelas águas da chuva precisam ser geridos de forma integrada com o planejamento do uso e ocupação do solo (PRAWIRANEGARA, 2014).

No desenvolvimento em geral de cidades no Brasil não foi considerado aspectos fundamentais no planejamento urbano, e isso tem acarretado grandes transtornos sociais, ambientais e econômicos. A urbanização deveria ser feita com cautela, pois à medida que ela vai acontecendo, vai impermeabilizando a superfície e com isso há o aumento do escoamento superficial elevando as vazões máximas que provocam as inundações. A degradação ambiental provocada pela urbanização tende a piorar da maneira como o problema vem sendo tratado, pois os processos que deveriam ser contidos são ampliados com o aumento dos limites urbanos em áreas impróprias. Em várias cidades do país observa-se a ocorrência de inundações associadas a danos materiais e mortes.

As soluções que gestores urbanos buscam para o problema são limitadas a fazer a canalização para transferir a enchente de um ponto para outro sem a avaliação se os efeitos ocasionados pela prática serão realmente promissores e sem contar que os custos são exorbitantes, na casa de milhões de reais/km. Essas medidas aumentam os prejuízos públicos, pois na maioria das vezes a canalização não resolve o problema, incorrendo em gastos inadequados (TUCCI, 1997).

Os danos causados por desastres naturais poderiam ser minimizados ou mesmo evitados. Porém isso depende do correto entendimento a respeito dos eventos que envolvem estes desastres por parte de tomadores de decisão e formadores de opinião. A ação das autoridades é atrapalhada pela falta de discernimento entre um fenômeno natural e outro (por exemplo é consenso comum acreditar que enchente e inundações são sinônimos, assim como tornado e furacão) levando a população a subdimensionar seus efeitos (MARCELINO, 2008).

A ocupação territorial, visando apenas as necessidades emergenciais, sem pensar na degradação que esta ocupação sem o planejamento adequado transferirá ao meio ambiente, é um arquétipo da urbanização de cidades em países subdesenvolvidos. A escassez de informação e de legislação, somadas à falta de tecnologias para planejamento urbano, pode justificar a inadequada urbanização no passado. Porém hoje há normas federais, estaduais e municipais e muita informação sobre o assunto, tudo isso aliado a ferramentas tecnológicas bastante avançadas para desenvolvimento do planejamento urbano.

Para Marcelino (2008) é comum o desconhecimento de tomadores de decisões, planejadores e gestores a respeito de quanto os instrumentos geotecnológicos podem facilitar a gestão, prevenção e redução de desastres naturais e no auxílio a tomadas de decisão.

As geotecnologias possuem ferramentas poderosas para avaliação de risco, auxiliando dessa maneira a prevenção de impactos ambientais. Imagens de satélite fornecem dados geoambientais que em um SIG (Sistema de Informação Geográfica), transformam-se em planos de informação. Mapas de risco e vulnerabilidade podem ser gerados através da aplicação de modelos matemáticos aplicados para fazer cruzamento de informações. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) oferece gratuitamente softwares e imagens de satélite. O Spring é um SIG que faz processamento de imagens, mapeamentos, modelagem numérica do terreno e análise espacial (Marcelino, 2008).

O Spring pode ser um grande aliado para o planejamento urbano e gestão de riscos, pois possui interpoladores que podem expandir informações em uma área de abrangência pré delimitada com amostras adequadamente espacializadas. Possui ferramentas que fazem cruzamento de dados viabilizando a geração de mapas de vulnerabilidade e auxiliando seus usuários na tomada de decisão.

Dados de sensoriamento remoto podem ser usados para monitorar o alcance das manchas de inundação através da utilização de informações de sistemas espaciais diferentes durante a observação de uma inundação. SIG é um sistema de hardware e software que fornece coleta, processamento, exibição e distribuição de dados espaciais e faz a integração de informações de um determinado território (NICONOV, et al 2016).

Os fatores que influenciam as inundações são declividade do terreno, intensidade de precipitação, elevação e uso do solo. Através de um SIG o MDE (Modelo digital do terreno) pode ser elaborado e as iterações entre os fatores que influenciam as inundações podem ser realizadas através de combinações lineares de mapas temáticos, atribuído pesos, criando assim áreas potencialmente perigosas. As cotas fornecidas pelos dados topográficos servem para demarcar o alcance da mancha de inundação (OZNAN E TARHAN, 2016).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é fazer o mapeamento das características geotécnicas de toda a área do perímetro urbano de Francisco Beltrão, bem como a caracterização e classificação de seu relevo e uso e ocupação do solo para relacionar através de mapas temáticos com o alcance das manchas de inundação dos anos de 2011, 2013, 2014 e 2015.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Coletar amostras de solo;
- Realizar ensaios de infiltração em diversos pontos no perímetro urbano de Francisco Beltrão;
- Efetuar ensaios de caracterização do solo;
- Elaborar mapas temáticos de granulometria e limite de consistência do solo, densidade do solo e infiltração da água no solo, do município de Francisco Beltrão;
- Criar mapa para espacializar o uso e ocupação do solo;
- Criar mapa de declividade;
- Utilizar fotografias das inundações de 2011, 2013, 2014 e 2015 para obter a cota de inundação;
- Criar mapas com a mancha de inundação de 2011, 2013, 2014 e 2015;
- Analisar e correlacionar os mapas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Francisco Beltrão é uma cidade entre tantas que enfrenta problemas devido à falta de planejamento urbano. Um dos maiores problemas ambientais enfrentado pelo município são as inundações.

A ideia, a princípio, era fazer um estudo aprofundado das inundações, mas para isso era necessário um mapeamento de solos com as características geotécnicas, assim como descobrir qual era a capacidade de infiltração do solo, para conseguir determinar o escoamento superficial. Constatado que não havia referências de trabalhos científicos que

fornecessem essas informações, foi decidido fazer o mapeamento da caracterização geotécnica da área urbana de Francisco Beltrão, assim como um mapa com as características de infiltração da água do solo.

Esse material pode servir de apoio para futuras pesquisas, contribuindo para que a comunidade científica aprofunde estudos a respeito das inundações, assim como as demais pesquisas que estão vinculadas a estudos geotécnicos.

As características geotécnicas, geomorfológicas e de uso e ocupação do solo foram relacionadas com as manchas de inundação, para entender de que maneiras estas características favorecem a ocorrência de inundações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESASTRES NATURAIS

Desastre é a perturbação do funcionamento normal de um local que tenha concentração de pessoas, os desastres podem gerar perdas materiais, ambientais, econômicas e a mais grave, a vida humana. Resultam da exposição de um perigo combinado às condições de vulnerabilidade e com a capacidade reduzida de lidar com as consequências negativas (UNISDR, 2009).

Segundo Castro (2007), os danos e os prejuízos causados por desastres naturais é muito maior que os danos e prejuízos causados por todas as guerras ocorrentes nos últimos dois séculos. Isso nos mostra que a maior ameaça à sobrevivência humana são os desastres naturais. No entanto, devido a célere evolução tecnológica dos últimos anos, seria possível diminuir consideravelmente a intensidade de desastre, elevando o nível de segurança global da população mundial, por um custo financeiro muito menor que os gastos com corridas armamentistas, bastaria que as lideranças políticas mudassem o enfoque.

A humanidade tem facilidade em remediar problemas presentes, no entanto é procrastinadora no que se trata em prevenir. Desde os primórdios, a preocupação era apenas com o imediato, alimentação e sobrevivência. Não faz parte da natureza do ser humano preocupar-se com situações futuras tanto quanto com situações presentes. É de senso comum a ideia de que os efeitos da devastação do meio ambiente serão sofridas em um futuro distante e, por conta disso, a devastação não é encarada como um problema atual. Como os impactos causados ao meio ambiente são gradativos eles não são vistos como emergenciais, pois o ser humano tem capacidade de perceber e se mover quando as mudanças ocorrem em um curto intervalo de tempo. Em virtude de tanta devastação e tanto descaso os desastres naturais tornam-se mais frequentes e mais intensos.

A sociedade brasileira tem pouco senso de percepção de risco, além de uma tendência de se conformar com facilidade com fatalidades. As redes de telecomunicação nacionais, que são as grandes formadoras de opinião, não se antenaram sobre a importância de informar a nação sobre os verdadeiros prejuízos causados pelos desastres naturais, e apesar do grande número de mortes que poderia ter sido evitado através do controle dos mesmos, disseminou-se uma falsa ideia que o Brasil é um país imune aos desastres. Países subdesenvolvidos, como o Brasil, possuem maiores deficiências socioculturais, tecnológicas e econômicas, com isso são muito mais vulneráveis aos desastres. As ações para mitigar os desastres e para reconstruir

o que foi destruído demandam muito dos cofres públicos, dinheiro que poderia ser gasto com programas de desenvolvimento de prevenção de desastres (CASTRO, 2007).

Mesmo mediante ao desenvolvimento da sociedade, os desastres naturais continuarão ocorrendo, pois a ocorrência de fenômenos naturais extremos fazem parte da geodinâmica do planeta e são importantes para a existência da vida, pois são responsáveis pela formação do relevo, fazem a manutenção de ecossistemas e são responsáveis pelo abastecimento de água. O que está ao alcance da sociedade é a elaboração e adoção de medidas preventivas e mitigadoras para minimizar o impacto causado pelos desastres naturais à população (MARCELINO, 2008).

2.2 ENCHENTES, INUNDAÇÕES, ALAGAMENTOS E ENCHURRADAS

De acordo com Carvalho (2007) os conceitos para diferenciar o acúmulo da água da chuva na superfície são os seguintes:

- Enchentes: ocorrem quando as águas da chuva alcançam o curso d'água aumentam a vazão por um período de tempo, gerando um acréscimo da descarga d'água.
- Inundação: Ocorre quando as vazões são maiores que a capacidade de condução do curso de água, quando a enchente atinge cota acima do nível máximo, levando o extravasamento das águas para áreas onde normalmente a água não chega, essas áreas podem ser chamadas de leito maior ou planície de inundação.
- Alagamento: É o acúmulo momentâneo de águas na superfície quando o sistema de drenagem não funciona adequadamente, podendo ser o acúmulo de água da chuva ou o acúmulo das águas de rios que extravasaram.
- Enxurrada: Quando o escoamento superficial está com uma vazão muito grande, chegando ao ponto de apresentar-se sob forma de correnteza, devido à alta energia de transporte. Ocorrem normalmente em terrenos de alta declividade, vias implantadas onde já existiu um curso de água.

Na figura 1 pode-se observar a divisão de enchentes e inundação:



Figura 1: Perfil Esquemático do Processo de Enchente e Inundação
Fonte: Carvalho (2007)

Enchentes e inundações são processos naturais de rios. No entanto, fatores antrópicos como a impermeabilização do solo, remoção da vegetação da bacia, principalmente da mata ciliar e construções às margens dos rios, elevam o escoamento superficial e aceleram o processo de inundação. Com isso o homem acaba tornando-se vítima das inundações devido a sua própria falta de planejamento.

As chances de provável ocorrência de inundação, enchentes ou alagamentos estão associadas aos fatores naturais, tais como: forma do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características de permeabilidade do solo e teor de umidade; quantidade de cobertura vegetal. De acordo com o regime de chuvas conhecido juntamente com o estudo dos fatores naturais pode-se entender a dinâmica do escoamento nas bacias hidrográficas (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012).

A planície de inundação é uma área imprópria para construção pois com frequência ela poderá ser atingida pelas águas dos cursos de água. Conhecendo a forma do vale pode-se prever a velocidade do processo de inundação. Os vales em forma de V possuem grandes declividades fazendo com que as águas escoem em alta velocidade e alcancem o curso d'água em um curto intervalo de tempo. Esse tipo de vale causa as piores inundações. Já nos vales mais abertos, as inundações acontecem de maneira mais gradual devido a existência de planícies (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012).

Existem também os fatores antrópicos que predisõem o acontecimento de enchente, alagamento, inundação. Dentre eles se destacam: ocupação irregular do solo em áreas que não deveriam ser habitadas, como as planícies de inundação e margens dos cursos d'água; lançamento de resíduos nos cursos d'água; mudança das características da bacia hidrográfica; alterações do curso d'água como canalizações e retificação, bem como a impermeabilização

do solo; erosão do solo e assoreamento dos cursos de água (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012).

O escoamento da água da chuva em áreas densamente ocupadas ocorre quase que apenas de maneira superficial, sendo que a retirada da rugosidade natural do terreno, assim como da vegetação pela impermeabilização, aumentam o tempo de resposta entre o início da precipitação pluviométrica e o escoamento superficial para os leitos dos rios. A impermeabilização de áreas com relevo acidentado aumenta a possibilidade de inundações bruscas concentradas no leito do córrego, devido a aceleração do fluxo de água pela força da gravidade (SIMÕES et al, 2012).

De acordo com Costa e Miyazaki (2015), a ocupação do leito menor de um córrego e a impermeabilização de uma grande parcela da extensão de rampa da vertente aumentam o escoamento superficial que faz com que o leito do córrego atinja a planície de inundação, alcançando rapidamente as habitações.

As inundações relâmpago acontecem devido a chuvas concentradas em um curto intervalo de tempo, associadas a solos impermeabilizados por asfalto que impedem a infiltração além de aumentar a velocidade do escoamento superficial (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2012).

2.3 HIDROLOGIA

É através do estudo da hidrologia que engenheiros civis e outros profissionais envolvidos com a área da drenagem urbana obtêm conhecimento teórico para elaboração e execução de projetos. Através do estudo da hidrologia pode-se entender a dinâmica da água em um bacia hidrográfica e assim traçar planos para a condução das águas pluviais para fora do meio urbano, de maneira segura e efetiva, de modo a prevenir inundações nas áreas habitáveis.

Hidrologia é a ciência que abrange a distribuição da água na atmosfera, na superfície e no subsolo. É ainda responsável pelo estudo das propriedades da água e os fenômenos que ocorrem com a mesma (PINTO, et al 1976).

De acordo com Tucci (2001), a ciência que estuda a ocorrência, circulação e distribuição de água na terra chama-se hidrologia, a mesma estuda ainda suas propriedades físicas e químicas e sua interação com o meio ambiente. A hidrologia está subdividida em cinco áreas:

- Hidrometeorologia: estuda a água na atmosfera;

- Limnologia: abrange lagos e reservatórios;
- Patamologia: refere-se a arroios e rios;
- Glaciologia: abrange neve e gelo;
- Hidrogeologia: campo científico que trata das águas subterrâneas.

Segundo Tucci (2001) os processos físicos da bacia hidrográfica podem ser analisados de acordo com as seguintes subáreas da hidrologia:

- Geomorfologia: retrata as características do relevo de bacias hidrográficas relacionadas ao escoamento;
- Escoamento Superficial: aborda o escoamento sobre a superfície da bacia;
- Interceptação Vegetal: analisa a retenção da passagem de água por parte da cobertura vegetal;
- Infiltração e Escoamento em meio não saturado: estima o quanto de água poderá infiltrar no solo até a saturação do mesmo;
- Escoamento em rios e canais: aborda o escoamento em rios, canais e reservatórios;
- Escoamento em meio saturado: planea sobre o fluxo de água no subsolo quando saturado;
- Evaporação e Evapotranspiração: retrata a parcela de água que parte da superfície de rios, lagos, reservatórios, além da água que parte da vegetação para a atmosfera;
- Fluxo dinâmico em reservatórios, lagos e estuários: aborda o escoamento turbulento em várias dimensões;
- Produção e transporte de sedimentos: mensura o transporte de sedimentos na bacia e nos rios, causados pela erosão do solo devido às condições naturais e de uso;
- Qualidade da água e meio ambiente: Avalia o meio ambiente aquático em relação aos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Para elaboração de projetos de drenagem urbana os profissionais devem abordar em um estudo técnico preliminar as condições climáticas e meteorológicas, assim como conhecer as características geotécnicas do solo, como a textura e capacidade de infiltração até o ponto de saturação que determina o início do escoamento superficial. Tudo isso deve estar atrelado a um conhecimento preciso de hidráulica para o correto cálculo da vazão e dimensionamento da rede de drenagem. A hidrologia faz o enlace dessas diversas áreas de conhecimento conduzindo os profissionais de maneira precisa para a aplicação de modelos hidrológicos em projetos de drenagem urbana.

Para Garcez e Alvarez (1988) a hidrologia relaciona diversas áreas de estudo como Climatologia, Meteorologia, Geografia, Geologia, Oceanografia, Mecânica dos solos e Hidráulica.

Através dos conhecimentos de hidrologia é que profissionais de diversas áreas buscam soluções aos crescentes problemas, resultantes da inadequada ocupação das bacias hidrográficas no que tange à utilização da água e os impactos dessa utilização sobre o meio ambiente do globo (TUCCI, 2001).

A base da hidrologia é a observação dos episódios que acontecem no meio ambiente. A análise da frequência de chuvas, de acordo com as estações do ano em uma região, é realizada através de observações em anos anteriores, método que não traz explicações determinísticas suficientes (TUCCI, 2001).

Um dos aspectos da hidrologia aplicada que mais está em desenvolvimento no Brasil é o planejamento e gerenciamento da bacia hidrográfica que planeja sobre o desenvolvimento das bacias hidrográficas, planejando e controlando o uso dos recursos naturais, necessitando a participação da ação pública e privada. Outro ponto da hidrologia aplicada é a drenagem urbana devido a maior parte da população situar-se nas cidades, tornando o meio propício a enchentes, sendo ainda a produção de sedimentos e a baixa qualidade da água problemas correntes em várias cidades brasileiras. No que concerne ao uso do solo rural, a hidrologia aplicada tenta tratar o problema do assoreamento dos rios devido ao intenso uso do solo na agricultura que produz sedimentos e nutrientes nas bacias do meio rural (TUCCI, 2001).

2.4 CICLOS HIDROLÓGICOS

Na atmosfera há condensação do vapor de água, que forma microgotículas que, devido à turbulência, ficam suspensas. O agrupamento das mesmas forma as nuvens. A dinâmica das massas de ar faz com que ocorra a precipitação transferindo a água da atmosfera para a superfície terrestre (TUCCI, 2013).

O fenômeno da evaporação inicia já no trajeto da água para superfície, havendo casos em que toda a precipitação é vaporizada (TUCCI, 2013).

O conhecimento do ciclo hidrológico é de suma importância a partir do momento em que a água toca o solo. No emprego de técnicas mitigatórias para cheias o ciclo da água é de interesse no que concerne ao aumento da infiltração através do aumento de áreas permeáveis e

da vegetação que é muito eficiente na retenção de água, aumentando as taxas de infiltração e retardando o escoamento superficial assim como para construção de bacias de contenção.

Quando a água atinge o solo, parte do volume da chuva é interceptado pela vegetação existente, ficando retida em folhas e caules e posteriormente sendo evaporada pela ação do vento e até mesmo o excesso de água retida pela vegetação pode reprecipitar, atingindo o solo (TUCCI, 2013).

A água que atinge o solo é infiltrada até o ponto de saturação do mesmo, a partir daí as taxas de infiltração decrescem até uma taxa em que a água não infiltra mais, ficando sobre a superfície do solo gerando os escoamentos superficiais. Parte da água infiltrada é absorvida pelas raízes dos vegetais que devolvem praticamente toda essa água para a atmosfera. O restante de água infiltrada percola para o lençol freático (TUCCI, 2013).

A força da gravidade faz com que a água retida sobre a superfície escoe para as cotas mais baixas da bacia, em forma de filetes que acompanham o relevo, contribuindo para a erosão do solo, moldando uma microrrede de drenagem que converge para arroios e rios. É muito importante que o solo possua vegetação em sua superfície para desacelerar o escoamento superficial, promovendo uma maior evaporação e infiltração da água antes que a mesma chegue aos leitos de rios. A vegetação ainda é importante para diminuir o impacto com que a chuva chega da atmosfera ao solo, reduzindo de maneira acentuada a erosão do solo para os rios (TUCCI, 2013).

A água precipitada sobre a bacia hidrográfica é convergida para o seu exutório, que é o ponto de um curso d'água onde se dá todo o escoamento superficial gerado no interior da bacia hidrográfica (TUCCI, 2013).

Uma das atribuições da bacia hidrográfica é escoar a água precipitada sobre ela de maneira lenta, para não sobrecarregar o exutório. O escoamento lento é o subterrâneo, a partir da infiltração da água no solo, já o escoamento superficial é muito rápido. O tempo provável gasto para uma gota de chuva chegar até o exutório da bacia depende da geomorfologia da bacia (TUCCI, 2013).

2.5 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

A maior capacidade de infiltração da água no solo está relacionada a espaços vazios entre os arranjos de grãos do mesmo, quanto maior a concentração de argila e silte, menor é a presença de vazios devido ao arranjo de grãos, logo menor será a taxa de infiltração. No que

tange às enchentes quanto menor a taxa de infiltração de um solo mais rápido inicia-se o escoamento superficial que é o responsável por ocorrerem os extravasamentos nas calhas dos leitos de drenagem.

A infiltração da água no solo ocorre no momento em que a água atravessa a superfície do mesmo. O conhecimento da taxa de infiltração do solo, que é a medida da lâmina de água que atravessa a superfície do mesmo em um intervalo de tempo, é de grande importância, pois a mesma influencia o escoamento superficial e esse por sua vez é o responsável pelas inundações (BRANDÃO et al. 2006).

A taxa de infiltração da água no solo varia com o tempo, sendo elevada no início e decaindo com o passar do tempo, até tornar-se constante assintoticamente. O aumento do potencial gravitacional da água no solo faz com que o gradiente hidráulico tenda a 1, com isso, o valor da taxa de infiltração aproxima-se ao valor da condutividade hidráulica do solo quando saturado, sendo próximo ao valor da velocidade de infiltração básica (CARVALHO; SILVA, 2006). De acordo com Brandão et al (2006) o gradiente hidráulico corresponde à taxa de variação do potencial total por todo o trecho percorrido pelo escoamento, sendo o potencial total da água no solo o causador da infiltração.

De acordo com Carvalho e Silva (2006) a taxa de infiltração representa a taxa de variação da infiltração acumulada ao longo do tempo e pode ser calculada pela equação (1):

$$TI = \frac{dI}{dt} \quad (1)$$

Onde:

TI = taxa de infiltração, $mm.h^{-1}$;

dI = variação da infiltração acumulada, mm ;

t = intervalo de tempo, h .

À medida que a umidade vai se aprofundando no solo a taxa de infiltração vai tornando-se constante, sendo chamada de taxa de infiltração estável ou velocidade básica de infiltração (CARVALHO; SILVA, 2006).

2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

É o deslocamento da água sobre o solo saturado ou impermeável que forma as enxurradas ou torrentes e escoam para córregos, rios, ribeirões ou reservatórios de acumulação.

Ocorre a partir das precipitações quando a intensidade da precipitação supera a capacidade de infiltração do solo e quando a retenção por parte da vegetação e depressões na superfície também forem saturadas. O escoamento superficial tem início ao formar uma película laminar que aumenta de espessura gradativamente com a continuidade da precipitação, até atingir o equilíbrio, seguindo o movimento das águas livres no sentido descendente pelas linhas de maior declividade do terreno, mudando de direção à medida que forem aparecendo os obstáculos pelo caminho. Quando a água atinge os pontos mais baixos do terreno, há a formação da microrrede de drenagem a partir de canalículos de água. Devido a erosão, esses canalículos aumentam sua espessura, formando os caminhos preferenciais, que se transformam em torrentes e a partir delas os cursos de água. A rede de drenagem é constituída pelo conjunto de cursos de água, incluindo-se os córregos pequenos ao rio principal (PINTO et al., 2012).

As precipitações alcançam os leitos dos rios em vias distintas, subdividindo o escoamento em: superficial, subsuperficial ou hipodérmico, subterrâneo e precipitação direta sobre a superfície livre (PINTO et al., 2012).

Há um intervalo de tempo entre a precipitação e o escoamento superficial. Esse intervalo se deve à água que é interceptada pelos vegetais e outros obstáculos encontrados no caminho, além da água que fica acumulada nas depressões do terreno. A vegetação e as depressões atrasam a infiltração de água no solo até que a mesma entre em equilíbrio e torne-se constante (PINTO et al., 2012).

O escoamento subsuperficial ocorre junto ao superficial sobre o solo. O escoamento subterrâneo ocorre nas camadas profundas do solo e contribui para a alimentação do curso de água durante as épocas de seca. O escoamento subsuperficial aumenta com a precipitação até atingir constância durante a chuva. Depois que a chuva cessa o escoamento superficial começa a decair até parar definitivamente (PINTO et al., 2012).

A vazão de um curso de água é a quantidade de água que escoar por uma seção transversal do mesmo em um intervalo de tempo. Há as vazões normais que são as que escoam no cursos de água e as vazões de inundação, que ultrapassam a capacidade de escoamento dos curso de água e acabam transbordando a seção normal de escoamento. A relação entre a vazão em uma seção do curso d'água e a área da bacia hidrográfica relativa à seção chama-se vazão específica ou contribuição unitária. O número de vezes que uma vazão se repete em um intervalo de tempo chama-se frequência e é expressa em período de retorno ou período de recorrência T . Na prática costuma-se falar que, no trecho considerado,

ocorrerão vazões com valores iguais ou superiores a Q (vazão de recorrência) uma vez a cada T anos (PINTO et al., 2012).

Para Tucci (2013) a vazão máxima de um rio pode ser entendida como um risco dessa vazão máxima ser atingida ou ultrapassada em períodos chuvosos. A sequência temporal de vazões relacionadas a um risco de ocorrência é chamada de hidrograma de projeto. A determinação da vazão máxima e do hidrograma é de fundamental importância para a atenuação de cheias e dimensionamento da rede de drenagem urbana.

Para determinação da vazão de projeto é necessário calcular a parcela de água precipitada que passa a ser escoamento superficial (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

Coefficiente de deflúvio é obtido através da divisão da quantidade total de água escoada por uma seção transversal pela quantidade de água total precipitada na bacia hidrográfica. Já o tempo de concentração é a fração de tempo desde o instante em que é iniciada a chuva até que toda a bacia hidrográfica contribua para a seção que está sendo analisada. Levando-se em conta uma posição de referência até a altura atingida pela água, tem-se o nível de água (PINTO et al., 2012).

Para projetos e obras de engenharia é de suma importância fazer o levantamento do escoamento superficial seja para o aproveitamento da água da chuva ou, muito mais importante, para a proteção contra inundações e erosões ocasionadas pelo mesmo (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

Para elaboração de projetos para controle de inundações, assim como erosão, é necessário fazer o levantamento das informações sobre o escoamento superficial. Quando o projeto visa reter ou armazenar água, o levantamento do volume escoado basta, mas se o objetivo é conduzir o excesso de água para outro lugar é necessário fazer o levantamento da vazão escoada (GRIEBELER et al., 2001).

A elevada impermeabilização do solo, principalmente a impermeabilização em áreas de elevada declividade, faz com que as vazões se elevem de tal maneira que ultrapassem a capacidade de escoamento dos rios.

A cobertura vegetal, em especial as florestas e os campos cultivados, aumentam o tempo do escoamento superficial, através da capacidade de retenção da água (GARCEZ; ALVAREZ, 1988). Quanto mais cobertura vegetal e mais rugosa a superfície de um solo, menor será o escoamento superficial (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

Para Garcez e Alvarez (1988), as florestas servem para regular as vazões de um curso de água, não aumentando o valor das vazões. As matas, por sua vez, contribuem para o amortecimento da chuva e pequenas enchentes, mas no caso de enchentes catastróficas

alteram muito pouco as condições do escoamento superficial, mas são eficazes para o combate da erosão.

De acordo com Pruski, Brandão e Silva (2014), os demais fatores, além da vegetação, que intervêm no escoamento superficial são:

- Intensidade e duração da precipitação e área abrangida pela mesma;
- Cobertura e tipos de uso de solo;
- Evapotranspiração por ser responsável pela retirada de água do solo, deixando o solo mais seco, aumentando com isso a capacidade de infiltração do mesmo quando iniciada a precipitação e com isso menor escoamento superficial;
- A vazão máxima é elevada quanto maior for a área da bacia e mais íngreme for a mesma. Caso a bacia tenha um formato que se aproxime do circular, mais rápido ocorrerá a concentração do escoamento superficial na seção de deságue e maior será a sua vazão máxima;
- A taxa de infiltração da água no solo é condicionada pelo tipo de solo;
- A topografia da bacia interfere na velocidade de escoamento e na capacidade de armazenamento de água;
- Rede de drenagem densa e ramificada acelera a concentração do escoamento superficial, elevando as vazões;
- Obras de drenagem aumentam a velocidade de escoamento de água. Por outro lado a velocidade de escoamento pode ser minimizada através de obras de contenção.

2.7 URBANIZAÇÃO

Era comum no passado as pessoas buscarem povoar as margens dos rios para facilitar as práticas de subsistência que visavam à agricultura familiar e à criação de animais. Construir suas residências às margens de rios era um prática muito comum devido ao fácil acesso à água. Como no passado não existiam ferramentas tecnológicas para o auxílio da população para previsão dos impactos que o meio ambiente poderia provocar sobre o meio em que se instalavam e, uma vez que fenômenos como enchentes são esporádicos, as pessoas não faziam a menor alusão sobre a degradação ambiental causada pela remoção da mata ciliar e nem do risco a que se colocariam habitando as planícies de inundação.

A ocupação sem planejamento da bacia hidrográfica é um problema que vem dos primórdios das instalações de uma nova cidade que costumeiramente tinha como principal

objetivo minimizar os custos e maximizar os benefícios da população deixando de lado a preservação do meio ambiente. O crescimento demográfico trouxe consigo a exploração da água e outros recursos naturais, que por sua vez começaram a ficar escassos, levantando na população a preocupação com os impactos ambientais causados pela exploração na bacia hidrográfica. Desde então passou-se a estabelecer medidas preventivas para minimizar os danos à natureza (TUCCI, 2013).

Há dois problemas causados quando a bacia é povoada, o impacto do homem sobre a bacia e o impacto das enchentes que podem vir a ocorrer na bacia sobre o homem (TUCCI, 2013).

Atualmente há muitas informações e ferramentas disponíveis para os municípios fazerem um planejamento adequado para ampliação urbana, porém elas não são aproveitadas e levadas a sério como deveriam. As legislações estadual e federal para o parcelamento do solo estão à disposição dos órgãos responsáveis pelo planejamento urbano dos municípios e estes por sua vez criam normas municipais contemplando as Federais e Estaduais, porém colocando ressalvas às mesmas, permitindo abrir brechas para liberação de novos loteamentos em áreas de risco ou em áreas que vão piorar a situação de enchentes, por exemplo. Pode-se elucidar este comportamento desorientado dos órgãos municipais responsáveis pelo planejamento urbano como um arquétipo atual e do passado da falta de consciência que a degradação causada pela ocupação inapropriada das planícies de inundação, assim como em áreas de alta declividade que contribuem diretamente para o aumento do escoamento superficial podem provocar ao meio ambiente e à população.

A falta de harmonia no crescimento das cidades devido à procura em larga escala por terrenos em áreas seguras no meio urbano faz com que haja a elevação dos valores dos mesmos, provocando a exploração de novos terrenos em áreas mais vulneráveis dentro das cidades ou nos limites das mesmas, sendo muito comum a ocupação de zonas de risco quando uma cidade encontra-se em intenso crescimento populacional. O agravamento do problema ocorre quando há a convivência de governos populistas em relação às ocupações de áreas de risco, como margens de rios e encostas (Castro 2007).

Até a década de 1970, os problemas causados pelo homem ao meio ambiente estendiam-se apenas à bacia, nos dias de hoje se estendem a todo o globo, devido às mudanças climáticas potenciais. A decadência da qualidade da água juntamente com a diminuição de suas reservas comprometeu muito o sistema hídrico, levantando o interesse público para a diminuição dos impactos ambientais causados pela má utilização dos recursos hídricos (TUCCI, 2013).

A ocupação da bacia hidrográfica deve ser feita através de planejamento, uma vez que as cidades têm seu crescimento sustentado na mesma, uma vez que o consumo de água é crescente e a população possui uma tendência a ocupar espaços passíveis de inundação, além de danificar os arredores de onde estão instalados (TUCCI, 2013).

Para que haja o desenvolvimento de uma cidade é necessário que o homem planeje o atendimento das necessidades da população, respeitando os recursos aquáticos e terrestres disponíveis e tomar conhecimento prévio sobre o comportamento dos processos naturais, como as enchentes, é fundamental para que possa ser feita a compatibilização com as necessidades futuras da população, usando os recursos naturais de maneira racional e limitada (TUCCI, 2013).

O gerenciamento do espaço urbano, que é feito através de Planos Diretores de Urbanização (PDUs) ou de Uso de Solo Urbano, deve contemplar o gerenciamento da drenagem urbana. Porém, no Brasil, apenas uma pequena parcela dos municípios possui PDU, e estes, por sua vez, não são muito aprofundados quanto a questões ambientais e de drenagem, comprovando assim a carência de instrumentos legais para fiscalização de planejamento sustentável nos municípios brasileiros (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007).

Nas últimas décadas a taxa de crescimento populacional mundial cresceu abruptamente havendo uma grande concentração de pessoas nas áreas urbanas. No Brasil notou-se o crescimento abrupto da população a partir da década de 1960. Até 1960 o maior percentual da população residia no campo, em 1970 a população urbana superava a rural chegando a 55,9% do total (MOTTA, 1999).

O crescimento populacional e a expansão urbana devem ocorrer concomitantemente com a infraestrutura do município para que seus habitantes não percam a qualidade de vida.

A urbanização traz consigo a concentração de um grande número de pessoas que competem pelo mesmo espaço territorial e pelo consumo da água existente neste espaço, destruindo parte da biodiversidade natural, levando a cidade a um estado caótico (TUCCI, 2012).

De acordo com Tucci (2012) o uso desordenado do solo acaba impactando nos recursos hídricos devido a expansões urbanas irregulares sobre margens de rios e áreas de mananciais, a população menos favorecida tende a ocupar áreas de risco e encostas, devido à falta de planejamento e fiscalização. O aumento da população necessita de uma maior demanda de água e também aumenta o volume de esgoto sanitário que nesses locais de ocupação irregular acaba sendo lançado nos rios em suas proximidades. O aumento da população urbana traz consigo a expansão de áreas impermeabilizadas, produzindo

inundações em diferentes pontos em uma cidade. As ações dentro de um município, além de atingir a população, são transferidas para o restante da bacia.

A gestão de águas urbanas deve ser realizada de maneira integrada entre o planejamento urbano que especifica, através de um zoneamento, o uso do solo baseado nas necessidades de infraestrutura interligado com os serviços de saneamento básico que abrangem o abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e o sistema de drenagem urbana, objetivando a conservação dos recursos naturais do município e a qualidade de vida de seus habitantes. Neste contexto estão inclusas as reduções das cheias e a eliminação de doenças que são veiculadas através da água, assim o planejamento e os serviços de saneamento devem ser institucionalizados de maneira que hajam leis e pessoal qualificado para fiscalização e monitoramento dos usos dos recursos naturais pelo homem (Tucci 2012).

O serviço de limpeza urbana e de coleta de resíduos sólidos ineficiente prejudica o sistema de drenagem devido a obstrução dos condutos, canais e riachos (TUCCI, 2012).

As águas das chuvas, no meio urbano, são drenadas através de sistema construído de condutos e canais naturais, podendo variar de um pequeno córrego, que drena poucos hectares ou mesmo um rio que pode drenar milhões de Km², como o Amazonas. O grande problema ocorre quando o escoamento extravasa o leito de drenagem desencadeando as inundações. Estas podem ser de dois tipos: ribeirinha, devido ao excesso de chuva que não consegue ser drenado, inundando a várzea, ocorrendo de forma aleatória de acordo com o clima e inundação, devido à urbanização que ocasiona a impermeabilização do solo, acelerando o escoamento superficial, produzindo alagamentos mais frequentes. A ribeirinha é comum acontecer em bacias de grande porte, maior que 500Km², enquanto a inundação urbana acontece em pequenas bacias urbanizadas entre 1Km² e 100Km². Elas também podem ocorrer combinadas (TUCCI, 2012).

Mesmo a bacia hidrográfica não tendo seus limites coincidentes com as divisões políticas de um estado ou de um país, é recomendável que o estudo considere a bacia inteira, sendo de suma importância que decisões, providências e obras que afetem os recursos hídricos sejam pautados em dados concretos sobre a quantidade, qualidade, disponibilidade, controle e a conservação dos recursos hídricos, pois isso constitui o planejamento integrado da bacia hidrográfica (GARCEZ E ALVAREZ 1988).

Os mesmos autores postulam também que o objetivo principal do planejamento integrado de bacias hidrográficas é o levantamento dos recursos hídricos disponíveis, levando em conta a localização e cronologia de obras para considerar o uso desses recursos. O planejamento integrado requer os seguintes dados básicos:

- Dados sobre a quantidade de água: levantamento de dados fluviométricos e limnométricos, existência de águas subterrâneas, conformação topográfica do solo, área de cobertura vegetal, permeabilidade do solo, especificação do tipo de clima, temperaturas, umidade, evaporação, dados pluviométricos, como são usados os recursos hídricos na bacia na configuração atual da mesma.
- Dados sobre a qualidade da água: levantamento da quantidade da água, juntamente com a verificação sobre contaminação dos cursos de água da bacia.
- Dados Cartográficos: levantamento de mapas e fotografias existentes;
- Dados Morfológicos e geológicos da bacia;
- Dados socioeconômicos da região que fazem parte da bacia.

2.7.1 URBANIZAÇÃO DE FRANCISCO BELTRÃO

De acordo com o último censo IBGE (2010), a população de Francisco Beltrão era de 78.943 habitantes e a população estimada para 2016 de 87.941 habitantes. A densidade demográfica em 2010 era de 107,39 habitantes por Km².

O Município de Francisco Beltrão, no princípio, localizava-se onde é hoje o interior da cidade de Renascença, mas posteriormente mudou a sede da cidade para a Vila Marrecas, pois o Governo Federal, que transformou o distrito em cidade, mudou a sede do mesmo para o local onde a Colônia Agrícola Nacional General Osório (CANGO) estava localizada. A princípio, a Cango era para ser instalada na Colônia das Missões, mas resolveu se instalar às margens do rio Marrecas, provisoriamente, e ali acabou ficando e com isso começaram a ser construídas pensões e bodegas nas suas proximidades e assim começando a urbanização de Francisco Beltrão, às margens do Rio Marrecas.

Em 1943, o presidente Getúlio Vargas criou a Colônia Agrícola Nacional General Osório (CANGO), com a intenção de expandir as fronteiras agrícolas, para fazer a distribuição da força de trabalho dentro do Brasil. O propósito da CANGO era povoar a região do Sudoeste do Paraná, mais especificamente ocupar 350 mil hectares de terra entre as regiões de Capanema, Barracão, Santo Antônio e Francisco Beltrão. A intenção do governo federal era acomodar o grande contingente de jovens reservistas, filhos dos agricultores do Sul do País que atenderam ao apelo da “Marcha para o Oeste”. A CANGO foi situada onde hoje é o município de Francisco Beltrão, e devido a implantação da mesma é que se originou o município. Era função da CANGO traçar os sítios e determinar os posseiros (IBGE 2013, apud Prefeitura de Enéas Marques, s/d).

O povoamento do município de Francisco Beltrão começou no final da década de 1940, com a Vila Marrecas, situada no centro da região Sudoeste do Estado do Paraná, sua transformação em cidade aconteceu muito rapidamente. Os proprietários da maior parte das terras da margem direita do rio Marrecas, Júlio Assis Cavalheiro e Luiz Antônio Faedo solicitaram que um topógrafo da CANGO traçasse o primeiro mapa, que originaria Francisco Beltrão, sendo o mapa formado por lotes em suma padronizados em 22x44 metros. Na sequência iniciaram as vendas de lotes, fazendo até doações de alguns (Município de Francisco Beltrão, S/D).

A CANGO levantou suas instalações provisórias às margens do rio Marrecas, posteriormente acabaram ficando definitivamente às margens do rio. A CANGO assentava as famílias, fornecendo-lhes terra, ferramentas para o trabalho no campo além de sementes e instruções técnicas de plantio. A mesma trouxe para a Vila Marrecas médicos, dentistas, professores, topógrafos, agrônomos, além de outros diversos tipos de mão de obras. Contribuiu muito para que a vila, que se iniciava às margens do rio Marrecas, se desenvolvesse rapidamente (Município de Francisco Beltrão, S/D).

Antigamente a legislação para parcelamento do solo não era tão contemplada. Atualmente há normas federais, estaduais e municipais para gerir a ocupação do território e assim evitar que ocupações indevidas provoquem impactos ao meio ambiente e ao mesmo tempo não comprometam a segurança da população.

De acordo com o parágrafo 2º LEI Nº 3372/2007 do Município de Francisco Beltrão (2012) não é permitido o parcelamento do solo em:

- Terrenos alagados ou passíveis de inundação a não ser se antes de ocupados forem aterrados ou drenados com supervisão de autoridade municipal competente;
- Terrenos que possuíssem declividade igual ou maior que 30%, posteriormente em atendimento às exigências da autoridade municipal competente isso poderá ser possível;
- Em morros que possuam cota acima de 20 metros do nível da divisa de uma rua em área pública. Caso tenha acompanhamento de autoridades competentes que garantam a preservação ambiental isso pode ser possível.

De acordo com o capítulo 13, da Lei Nº 3372 Município de Francisco Beltrão (2007), os loteamentos deverão atender alguns requisitos urbanísticos, como:

- Faixas de preservação ao longo de cursos de água, assim como em trechos de água dormentes, devem ser fixadas de acordo com a legislação federal, as mesmas devem ser preservadas;
- O estado é responsável pela análise e aprovação prévia para posterior aprovação do município quando os loteamentos e desmembramentos estiverem localizados em áreas de proteção de mananciais e outros locais definidos pela legislação estadual ou federal. O Estado deve intervir quando o loteamento pode causar danos ao meio ambiente, quando for comprovado que a implantação do empreendimento é nocivo para o terreno.

De acordo com o artigo 19 da LEI Nº 3372 (Parcelamento do Solo Urbano) do Município de Francisco Beltrão (2007) as ruas dos respectivos loteamentos não poderiam afetar o curso natural do escoamento da água na bacia hidrográfica, para tanto deveriam ser previstas obras de drenagem nas ruas e em faixas destinadas ao escoamento de água. A mudança de um curso de água poderia ser feita apenas com aprovação da administração municipal.

Ainda de acordo com a lei citada acima, áreas públicas, referente a 40% do loteamento, destas 8% deverão ser destinadas a áreas verdes.

Segundo a Lei nº 3384- Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo Urbano (2007, alterada em 2010):

- De acordo com o Art. 17 zonas de preservação permanente e parques são trechos ao longo dos cursos d'água que se destinam à preservação das matas ciliares e à reconstituição das mesmas, onde já não existem mais. Dentro de parques será permitido construção de edificações que sejam construções subsidiárias ao parque, e que tenham função de aumentar a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida das pessoas. Os órgãos competentes do poder público são responsáveis pela preservação das matas ciliares que ainda restam, além da reconstituição da que foi derrubada.
- De acordo com o ART. 18, o uso das áreas verdes pode ser feito desde que se garanta que o relevo e a vegetação existentes serão preservados.
- De acordo com o ART.19, no município há um parque linear em torno do rio Marrecas que é constituído pelas faixas de terreno destinado à reconstituição de matas ciliares ao longo do rio.
- De acordo com o ART.20, as áreas com declividade acima de 30% constituem as zonas de restrição de ocupação.

- De acordo com o artigo 29, o Parque Linear do Marrecas deve corresponder a uma faixa em torno de 50 metros, medidos a partir da faixa de preservação permanente de fundo de vale ao longo das duas margens do rio Marrecas.
- De acordo com o parágrafo 2º do artigo 29 da lei do Zoneamento e ocupação do solo de Francisco Beltrão (2007) com o Parque Linear do Marrecas, pretende-se:
 - “a) reconstituição da mata ciliar onde se faz necessário;
 - b) reassentamento das habitações que encontram-se dentro faixa de preservação permanente de fundo de vale ao longo de cada margem do rio Marrecas;
 - c) implantação do Parque Linear do rio Marrecas;
 - d) implementação de programas de infraestrutura e equipamentação dos parques para atividades de lazer e recreação;
 - e) proibição de parcelamento do solo.

Art. 30 - O Setor de Parque (SPQ), é integrado pelas áreas internas nas zonas de preservação permanente, corresponde às seguintes áreas:

 - a) Área onde se localiza a pedreira;
 - b) Área de vegetação nativa no bairro Antônio de Paiva Cantelmo;
 - c) Faixa de 30 m em média, a partir da faixa de preservação permanente de fundo de vale ao longo de cada margem do rio Lonqueador (parte não canalizada);
 - d) Faixa de 30 m em média, a partir da faixa de preservação permanente de fundo de vale ao longo de cada margem do rio Santa Rosa.
 - e) O Parque Linear do Marrecas, corresponde a uma faixa de 50 metros em média, contadas a partir da faixa de preservação permanente de fundo de vale ao longo de cada margem do rio Marrecas definida no mapa anexo.

Parágrafo Único - Para esta zona propõe-se:

 - a) reconstituição da mata ciliar onde se faz necessário;
 - b) elaboração de projeto paisagístico das áreas;
 - c) proibição de parcelamento do solo. (LEI Nº 3384/2007, pg9)”

De acordo com o capítulo VII do Código Ambiental de Francisco Beltrão (2007) as Zonas de preservação permanente correspondem às áreas de risco de fundo de vale, que estão sujeitas a inundação ou a erosão e também as áreas que devido ao uso inadequado possam causar danos às pessoas. Já as faixas de drenagem são os trechos dos cursos de água que devem ser dimensionados para atender a demanda de escoamentos das água das chuvas advindas das bacias hidrográficas contribuintes.

O artigo 31 prescreve que as faixas de drenagem respeitem os seguintes critérios:

- Possuam largura adequada para conduzir as águas pluviais da bacia;
- Deve-se considerar a bacia toda como sendo urbanizada no dimensionamento da largura da seção de vazão;
- Considerara sempre as condições mais críticas de intensidade de chuva, coeficiente de escoamento, tempo de concentração, coeficiente de distribuição das chuvas e tempo de recorrência. Todos esses dados devem ser levantados por órgãos técnicos responsáveis;

- Para uma estimativa da seção transversal da faixa de drenagem o Código Ambiental de Francisco Beltrão (2007) prescreve a adoção dos valores do tabela 1. Também prescreve que sejam adotadas pistas laterais juntamente com as faixas de drenagem para a manutenção dos cursos de água de acordo com o órgão competente.

Tabela 1: Faixas não Edificáveis de Drenagem

Área Contribuinte (ha)	Faixa não Edificável (m)
0 a 25	4
25 a 50	6
50 a 75	10
75 a 100	15
100 a 200	20
200 a 350	25
350 a 500	30
500 a 700	35
700 a 1000	40
1000 a 1300	50
1300 a 1500	60
1500 a 1700	70
1700 a 2000	80
2000 a 5000	100

Fonte: LEI Nº 3360/2007 CÓDIGO AMBIENTAL DE FRANCISCO BELTRÃO (2007)

2.8 GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Engenheiros e gestores do setor de planejamento urbano de um município devem trabalhar juntos para elaboração de projeto para a drenagem segura e eficiente de águas pluviais. Devem considerar a expansão urbana futura, para que não provoquem pontos de inundação em locais onde há previsão de futura urbanização.

A gestão de águas corresponde aos projetos e obras de engenharia, juntamente com as políticas regulamentadoras numa prática para atenuar os efeitos nocivos do escoamento das águas da chuva ao meio ambiente e à população afetada pelo mesmo. O trabalho de engenheiros, juntamente com gestores públicos, ocorre devido a problemas que afetam o escoamento superficial, causando inundações devido aos tipos de solo e ao mau uso do mesmo (GRIBBIN 2014).

Nos últimos trinta anos, a maneira como engenheiros civis elaboram projetos hidráulicos e hidrológicos, bem como os demais, mudou significativamente devido à intervenção de questões legais e ambientais (GRIBBIN 2014).

No momento da elaboração de projetos de loteamentos deve-se prever áreas de preservação ambiental e pensar na direção da drenagem, de maneira que o escoamento superficial seja atenuado. A legislação municipal pode atenuar o escoamento superficial,

estipulando faixas permeáveis em lotes e calçadas, além de exigir a captação e a armazenagem de água da chuva através de cisternas.

A sociedade considera natural o deslocamento da água da chuva, mesmo quando ela causa estragos por onde passa como enchentes e erosão, e ninguém é apontado como responsável legal por esses danos. Mas na realidade, quando se pavimenta, constrói edifícios e demais tipos de obras civis, concomitantemente altera-se o curso do escoamento das águas da chuva, logo há a responsabilidade dessas alterações em relação às alterações do curso das águas pluviais que concentram o escoamento, aumentando as vazões. Através da gestão de águas pluviais pode-se mudar a direção do fluxo do escoamento, distribuir o escoamento, controlar a erosão e introduzir uma bacia de retenção (GRIBBIN 2014).

No plano diretor urbano deve-se contemplar os princípios e objetivos do controle das águas pluviais no meio urbano, bem como estratégias no que tange ao desenvolvimento e articulação de um Plano Diretor de Águas Pluviais (PDAP). A elaboração de um PDAP só se torna possível quando há a disponibilidade de informações precisas e detalhadas na região, levantamentos topográficos, fotos aéreas, levantamentos sobre as características da bacia hidrográfica, dados hidrológicos, legislação de uso do solo, dados geológicos e geotécnicos, informações sobre os sistemas de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos, e demais informações (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007).

Para Tucci (2005), o princípio de que o projeto de drenagem é aquele que retira as águas da chuva o mais rápido possível do local de origem está errado. A canalização do escoamento superficial de pontos críticos serve apenas para transferir a inundação de um lugar para outro ponto da bacia. A combinação dessas duas práticas faz com que haja o aumento da inundação para a população que está a jusante, sendo que a urbanização geralmente ocorre da montante para a jusante. Como as canalizações do escoamento são feitas para a jusante com base na urbanização do período atual não considerando a projeção futura da urbanização e o aumento das vazões máximas com o aumento da urbanização, as inundações acabam retornando aos trechos anteriormente canalizados e com isso a necessidade do aumento de seções até o ponto que não existam espaços laterais para ampliar os canais a jusante sendo necessário aprofundar os canais.

A bacia hidrográfica inteira deve ser contemplada em um plano de controle de águas pluviais. As medidas tomadas para atenuar os impactos das inundações em uma área não podem ser transferidas para outra área. Em planos diretores deve-se pensar no horizonte de expansão, isto é, a ação deve ser realizada preventivamente, contemplando-se o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas loteadas no período atual. Nenhum

usuário urbano deveria ampliar a cheia natural, seja motivada por um simples loteamento ou por grandes obras urbanas, uma vez que estas aumentam a impermeabilização, impedindo o mecanismo natural do escoamento, como a infiltração. O controle das enchentes é um processo permanente, deve-se ter constante fiscalização contra violações de legislação e expansão da ocupação do solo em áreas de risco. O controle das enchentes é de responsabilidade dos municípios, uma vez que procede deles a aprovação de projetos de loteamento, obras públicas e drenagem (TUCCI, 2005).

Para Karashima et al, (2014) evitar a construção de áreas urbanas em áreas de risco por meio de regulamentos de uso e ocupação do solo, pode impedir os danos ocasionados pelos desastres naturais. Os autores sugerem que para áreas com altura de inundação acima de 5 metros o município deve promover a emigração da população para uma área segura a longo prazo, e a curto prazo a segurança da população atingida deve ser promovida pelo controle das cheias através do alargamento do rio, aprofundamento do leito de drenagem, fortalecimento de diques. No entanto a longo prazo a emigração da população deve ser feita.

De acordo com Tucci (2005), as medidas de controle do escoamento são organizadas de acordo com sua ação no hidrograma:

- Infiltração e percolação: O escoamento subterrâneo é infiltração e percola no solo em direção aos lençóis freáticos. Não é recomendável sua utilização em lençóis freáticos elevados e em locais onde as águas pluviais são contaminadas;
- Armazenamento: através da utilização de reservatórios que servem para reter parte do volume de água precipitado;
- Aumento da eficiência do escoamento: medida eficiente quando associada a reservatórios de detenção;
- Diques e Estações de Bombeamento: Faz o controle localizado das enchentes quando não há espaço para fazer o amortecimento da inundação.

Os diques fazem o controle das cheias através do barramento ou muros laterais de terra ou concreto, podem ser inclinados ou retos e são construídos na extensão das margens de rios a uma altura que não permita que o canal para o qual foi construído extravase considerando a vazão máxima determinada no projeto de controle da cheia (CORDERO; MEDEIROS; TERAN, 1999).

2.9 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GESTÃO TERRITORIAL

Um SIG (Sistema de Informação Geográfica) é uma ferramenta computacional para aplicação em geoprocessamento. É um sistema que processa imagens e dados alfanuméricos georreferenciados, servindo para fazer modelagem de superfície.

O uso de SIG e mapas para integrar componentes de risco é uma prática comum em muitos estudos e projetos relacionados à avaliação de riscos, por oferecer várias vantagens, tais como: ser uma ferramenta poderosa para identificar e visualizar todos os componentes do risco, otimização de tempo por fazer o reconhecimento da áreas de estudo através de imagens de satélite e um banco de dados bem estabelecido, ferramentas estatísticas fáceis de aplicar na tomada de decisão comparadas com outras modelagens estatísticas (PRAWIRANEGARA, 2014).

O SPRING é uma software criado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para trabalhos internos, no entanto quando constatado que poderia ser de grande utilidade para gestão territorial, assim como em várias áreas onde é necessário um controle espacial, o mesmo foi aperfeiçoado e disponibilizado no site do INPE para download gratuito.

Pensando no controle dos recursos naturais brasileiros e nos impactos causados pela rápida urbanização, o INPE começou a desenvolver o Software SPRING com o objetivo do monitoramento dos recursos naturais. O SPRING foi criado para processar imagens, fazer modelagem digital do terreno, fazer análise espacial, tudo isso aliado a uma plataforma altamente didática e fácil de usar (CÂMARA et al., 1996).

O planejamento urbano deve estar aliado à análise de todos os componentes do ambiente. O desenvolvimento sustentável está atrelado aos impactos ambientais que a ocupação de uma determinada área pode acarretar a curto e longo prazo (CÂMARA et al., 1998).

Quando se tem por objetivo demonstrar os impactos causados pela urbanização na drenagem urbana, faz-se a demonstração desses efeitos nocivos da urbanização através do emprego de base cartográfica em meio digital com a criação de mapas temáticos de uso e ocupação do solo do período atual e de períodos anteriores, normalmente um comparativo do período atual com três ou quatro décadas anteriores.

Em ambiente SIG podem ser criados vários mapas temáticos, tais como: mapa dos tipos de solos, mapa geológico, mapa de declividade do terreno, mapas de coberturas

superficiais do terreno, mapas dos índices de armazenamento dos solos e mapas dos índices de escoamento superficial do terreno, além de outros. Pode ser realizada a iteração desses mapas de modo que se possa fazer a quantificação e o mapeamento da capacidade de armazenamento dos solos, obtenção dos coeficientes de escoamento superficial e observação dos picos de vazão de cheias, fazendo uma observação do comportamento dessas cheias em diferentes períodos (NUNES, 2007).

Mapas temáticos servem para fazer a caracterização e a análise da organização do espaço para a tomada de decisões futuras, pois não é possível entender os fenômenos ambientais sem analisar todos os componentes, para isso é necessário um especialista em geoprocessamento que faça a integração de ferramentas de análise espacial, modelagem numérica do terreno e geoestatísticas (CÂMARA et al., 1998).

No que tange o modelo digital de elevação, as curvas características da topografia de um terreno, a altitude é responsável por grande parte dos fatores meteorológicos como temperatura e precipitação. Devido a isso o cálculo da distribuição da área bacia hidrográfica é feito por degraus de altitude, através da planimetria das plantas topográficas que apresentam as curvas de nível em km^2 e em % da superfície total. As curvas características de uma bacia são as seguintes (GARCEZ; ALVAREZ, 1988):

- Curva hipsométrica: representa as áreas de uma bacia hidrológica que está situada acima de inúmeras curvas de nível. As superfícies da bacia são representadas em ordenadas e as altitudes em abcissas.
- Curva das Frequências Altimétricas: através de hidrogramas é que se obtém a curva de frequência altimétrica, o diagrama apresenta as superfícies escalonadas entre altitudes de tantos em tantos metros (de 100m em 100m, por exemplo) e a área dessas superfícies são expressas em km^2 e em porcentagem (%).
- Curva de distribuição das declividades de uma bacia: importante para o estudo da erosão. Essa curva descreve a declividade dos terrenos que excede os valores que são marcados em ordenada e expressa em abcissas, com área expressa em % ou em km^2 .

2.10 ALAGAMENTOS EM FRANCISCO BELTRÃO

Não é recomendável que se construa na planícies de inundação, pois devido a períodos extensos de chuva associados a um índice pluviométrico elevado é normal que os rios extravasem para as áreas planas no entorno deles. Isso é um processo natural. Porém a cidade de Francisco Beltrão teve suas primeiras instalações construídas às margens do Rio Marrecas e, com o decorrer da urbanização, a remoção da mata ciliar foi se alastrando, o rio foi assoreando, foram sendo ocupados os morros no entorno do rio, o solo massivamente impermeabilizado, até chegar ao ponto em que as enchentes passaram a ser o problema mais grave devido à falta de planejamento na implantação da cidade e até mesmo nos dias de hoje, tendo em vista os inúmeros loteamentos que foram implantados em Francisco Beltrão em regiões que favorecem o agravamento das cheias. A fotografia 1 mostram imagens da inundação ocorrida em 28/06/2014.



Fotografia 1: Inundação Junho de 2014 Francisco Beltrão
Fonte: Defesa Civil Francisco Beltrão.

Biguelini e Freisleben (2010) fizeram uma abordagem sobre as transformações da paisagem de Francisco Beltrão e os fenômenos naturais decorrentes destas transformações através da análise de imagens fotográficas de alagamentos em jornais e artigos publicados até a época. Quanto ao problema recorrente de enchentes e alagamentos os autores destacam a

passagem do rio Marrecas ao longo da área urbana de Francisco Beltrão e desde muito tempo atrás já visualizava-se a intensa ocupação nos fundos de Vale, encostas e topos de morros, além de empresas, indústrias percorrendo o entorno do rio. Na época, o rio Marrecas funcionava como receptáculo de resíduos, diversas edificações ocupavam as margens do rio, mostrando o descaso com sua várzea, além disso observa-se desde então o desmatamento em encostas e topo de morro. As enchentes, de acordo com os autores, sempre foram frequentes na área urbana do município. Os rios não conseguiam dar vazão a um grande volume de água, pois as áreas de várzea, que seriam o local de escape nas cheias, já eram ocupadas por residências, comércios e até mesmo pelo poder público.

Um dos afluentes diretos do rio Lonqueador é o arroio Industrial, pertencente a uma micro bacia de 131 ha, a qual apresenta forte concentração de águas da chuva, uma vez que seu formato se assemelha a um círculo. Uma área de 32 ha da bacia possui declividade acima de 30%, o que aumenta a velocidade de escoamento da água, acarretando enchentes e deixando o solo vulnerável à erosão. A expansão urbana foi muito acelerada na bacia entre 2009 e 2013 quando as áreas urbanas somadas aos novos loteamentos aumentaram em 56%. Um fator de destaque no impulsionamento da urbanização nesta região foi o prolongamento da avenida Júlio Assis Cavalheiro, na sequência aparecendo inúmeros loteamentos em seu entorno. A microbacia está sujeita a alagamentos repentinos devido a sua forma circular, elevada declividade e contínuo processo de impermeabilização do solo. O poder público, numa tentativa de minimizar a velocidade de escoamento construiu um lago artificial para aumentar o potencial de infiltração da água no solo (PEREIRA; HENDGES; MARION, 2014).

Andres et al. (2013) realizaram uma pesquisa com o objetivo de definir o espaço das áreas de risco de alagamento na microbacia do Arroio Lonqueador, afluente do rio Marrecas, identificando as áreas de maior risco de alagamento em Francisco Beltrão, e apontando as áreas que não deveriam ser urbanizadas. À montante do rio Lonqueador localiza-se o município de Marmeleiro e em sua jusante o município de Francisco Beltrão, possuindo uma área total de 1754,06 ha sendo 296,75 ha urbanizados. Dentre as áreas urbanizadas está a foz do canal principal e uma pequena porção na região limítrofe entre os dois municípios onde está instalado o hospital Regional do Sudoeste Paranaense. Foi realizada a elaboração dos Planos de informação, através de cartas do exército, e através do SPRING delimitaram a bacia assim como a hipsometria e declividade; fizeram a avaliação dos riscos de enchente e intersecção entre classes de risco de enchentes com classes de uso da terra. A classe do uso da terra foi realizada manualmente através de imagens de satélite GeoEye. Utilizaram o

aplicativo IDRISI para fazer avaliação multicritério para hipsometria, declividade e canais de drenagem para avaliação do risco de enchente. Aplicou-se o operador distância originando o modelo numérico do terreno próximo a rede de drenagem. A partir daí realizou-se a fusão das informações (fuzzyfication) considerando os valores atingidos nas enchentes de 2011, que foram obtidos através de fotografias e base cartográfica. Estimou-se um valor de $\frac{1}{2}$ para simular a inundação decorrente de volumes mais elevados. Usaram função sigmoïdal decrescente com pontos de controle entre 100 m das áreas que inundaram e 150 m das áreas que poderão inundar. Para hipsometria utilizaram 560m para os pontos que inundaram entre 560 e 640 para as regiões que poderão inundar. Para as informações de declividade utilizaram 5% as áreas que inundaram e 8%, as áreas que poderão inundar. Na figura 2 podem ser observados os resultados da padronização fuzzy.

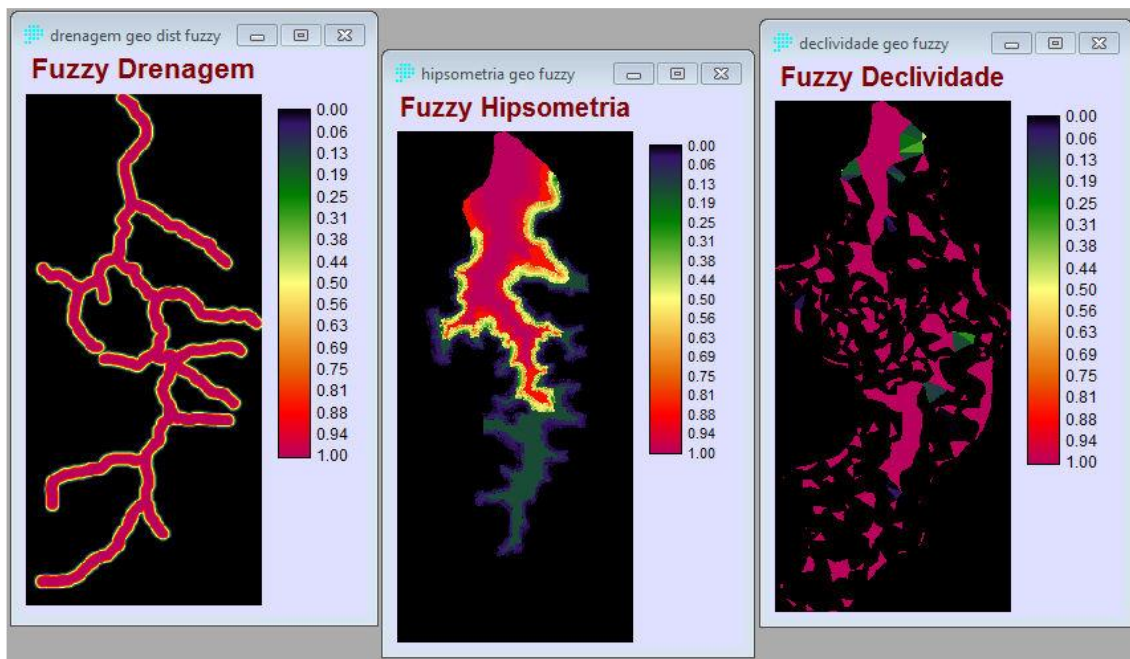


Figura 2: Planos de Informação Resultantes do Processo de Padronização fuzzy
 Fonte: ANDRES el al (2013).

Através de decisão multicritério com combinação linear ponderada foram sintetizadas as informações e geradas quatro classes de risco: menor que 0,59 para áreas sem risco; entre 0,60 e 0,69 para baixo risco; entre 0,70 e 0,79 para médio risco; entre 0,80 e 1,00 para alto risco de enchentes. Como resultado final geraram um mapa com as áreas de risco como pode ser observado na figura 3.

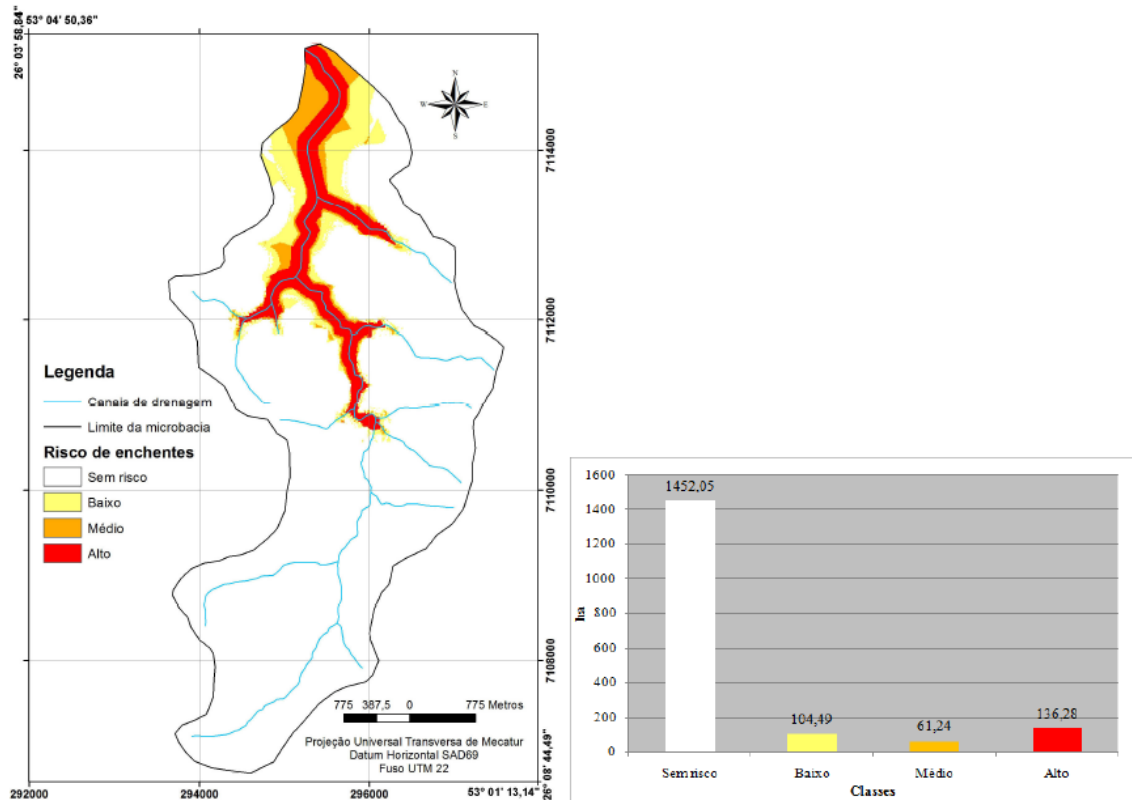


Figura 3: Mapa de áreas de risco de Enchentes na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lonqueador e Gráfico de Quantificação do Mapa.

Fonte: ANDRES et al (2013).

Andres et al. (2013), concluíram, através do mapa da figura 3, que a parte norte da microbacia é a mais afetada pelas enchentes, as áreas de alto risco estão mais próximas ao leito do rio, no entorno do canal principal, chegando até próximo à mancha urbana, onde está localizado o Hospital Regional. As zonas de médio e baixo risco encontram-se perto da Foz. 1452, 05 ha correspondente a 82,78% estão fora da zona de enchentes, 104,49 ha correspondente a 5, 96% estão em locais de baixo risco; 61,24 ha correspondente 3,49% estão em locais de médio risco.

Andres et al. (2013). Fizeram um cruzamento entre os mapas de classes de risco de enchente com a área urbana, resultando, assim, na figura 4, demonstrando que as áreas mais suscetíveis a enchentes estão na parte urbana de Francisco Beltrão. Para os autores, a solução para resolver as questões das enchentes da microbacia é a transferência das pessoas e residências em local de risco para regiões onde não tenha risco. Além dos custos para essa medida serem elevados, ainda teria a resistência por parte dos moradores por possuírem seus imóveis na região central, tornando estes bastante valorizados, apesar de estarem em constante risco de alagamento.

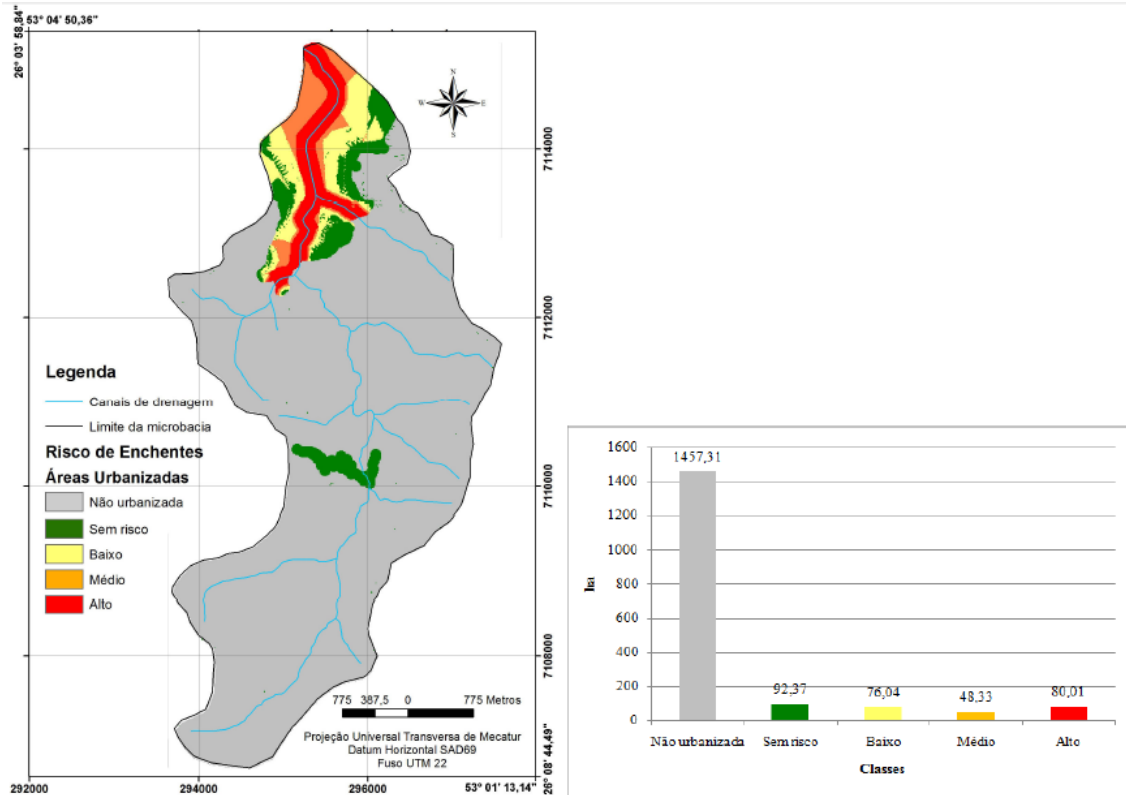


Figura 4: Mapa de Riscos de Enchentes em Áreas Urbanizadas na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lonqueador (SW/PR) e Gráfico de Quantificação do Mapa.

Fonte: ANDRES et al (2013).

Os autores elaboraram ainda um mapa que interage classes de risco com ocupação da terra (figura 5).

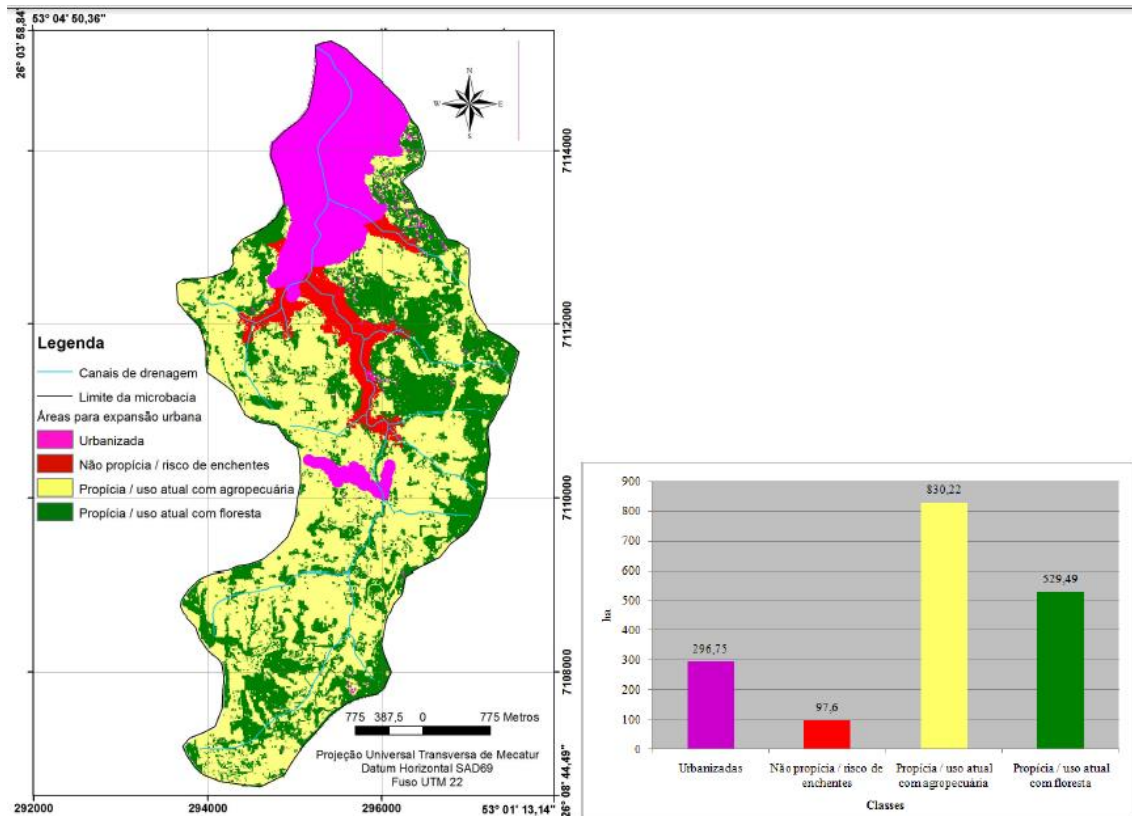


Figura 5: Mapa de Áreas Propícias para Expansão Urbana.
Fonte: Andres et al (2013).

Neste mapa é possível observar as áreas que possuem alto risco de enchente e que ainda não foram urbanizadas e que não deveriam ser loteadas futuramente, pois a ocupação destas áreas aumentaria a área de alcance das enchentes. Estas áreas deveriam ser destinadas à reserva legal ou à construção de parques. Para o crescimento populacional há uma área de 47,33% que até o momento serve para agropecuária, que não apresenta risco algum de enchente, sendo um local adequado para a expansão urbana futura. Também há 30,19% ha que estão ocupados por floresta, que poderão ser urbanizadas (Andres et al, 2013).

Andres, Caneparo e Hendges (2015) em sua pesquisa, através de dados do meio físico e combinação linear ponderada difusa, relacionaram as inundações com as condições de renda e ao baixo nível de alfabetização e condições de habitação das pessoas residentes nos locais de alagamentos. Na figura 6, podem ser observados os ricos de inundação.

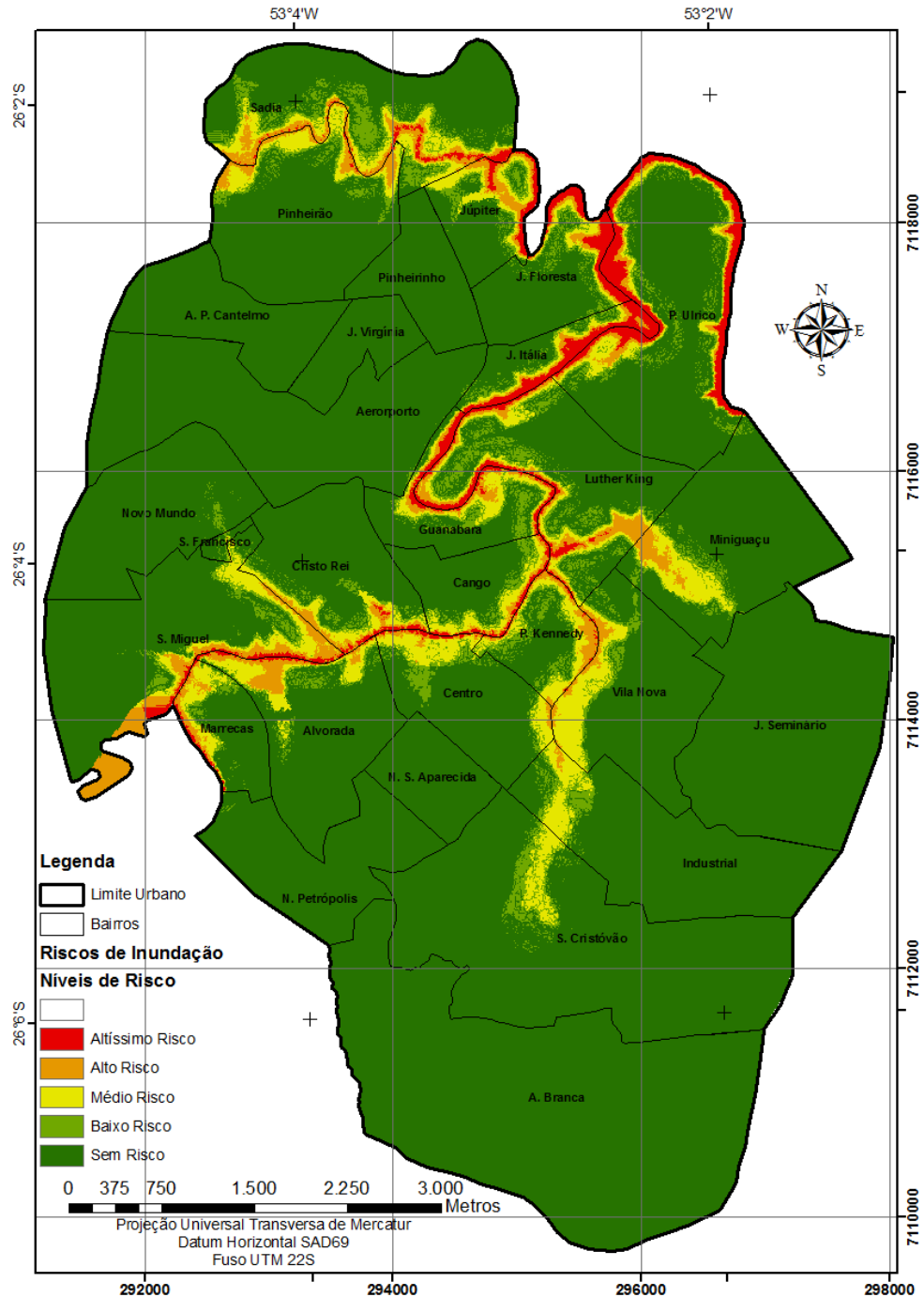


Figura 6: Mapa de Risco de Inundação.
Fonte: Andres, Caneparo e Hendges (2015).

De acordo com Andres, Caneparo e Hendges (2015):

“As áreas de maior risco (altíssimo) estão ao nordeste da cidade, sobretudo, nos bairros Padre Urlico, Luther King, Guanabara e Jardim Itália. Cabe destacar médio a alto risco nos bairros Sadia, Pinheirão, Júpiter, Presidente Kennedy, Miniguaçu, Vila Nova, Cristo Rei, São Miguel, Marrecas e Alvorada. Os únicos bairros que não apresentam risco são Água Branca, Nova Petrópolis, Nossa Senhora Aparecida, Aeroporto, Antônio de Paiva Cantelmo, Jardim Virgínia, Pinheirinho e Jardim Seminário.”

Na figura 7, pode - se observar o mapa que apresenta a relação entre a inundação e a renda média.

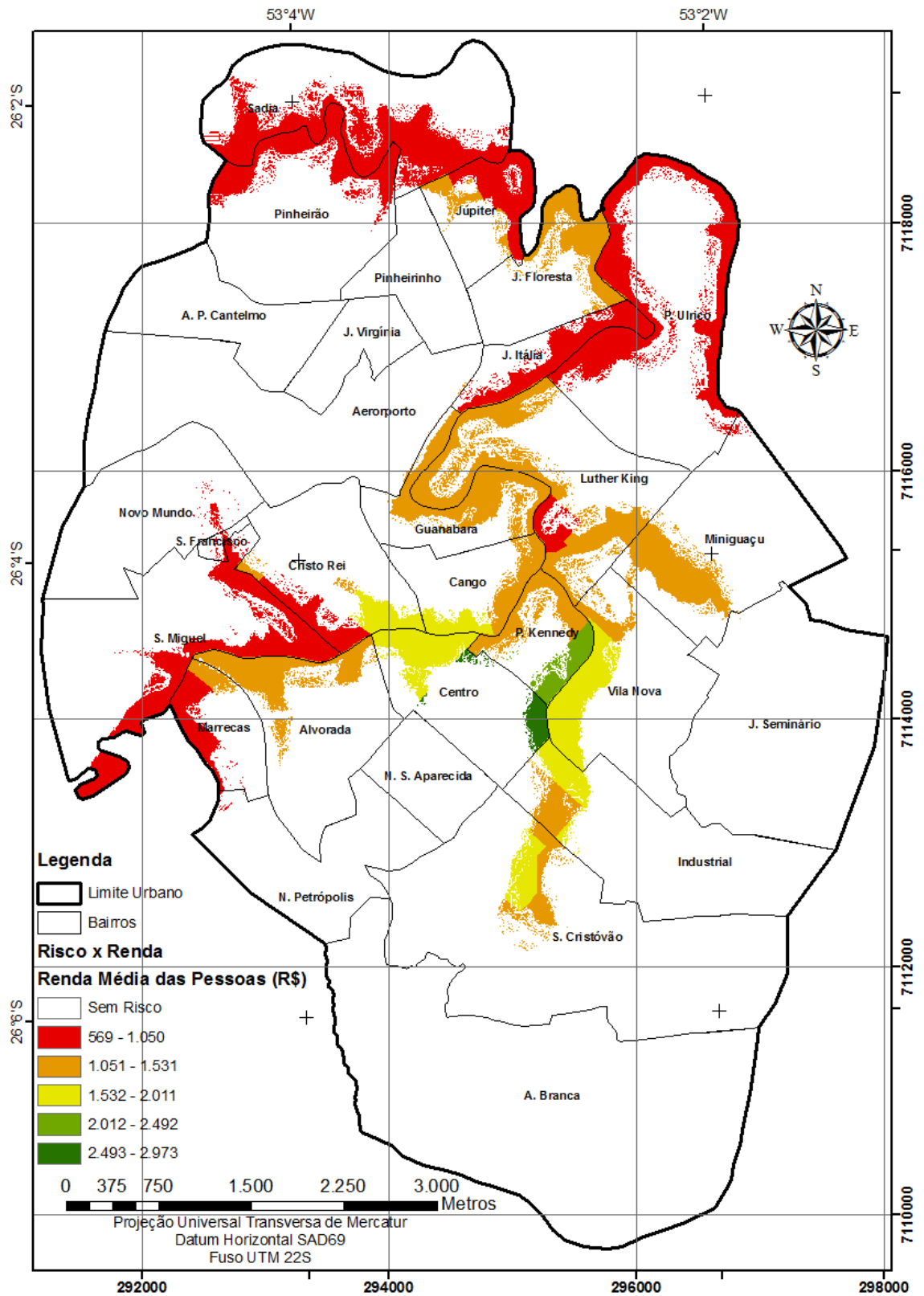


Figura 7: Renda Média das Pessoas em Áreas de Risco de Inundação.
Fonte: Andres, Caneparo, Hendges (2015).

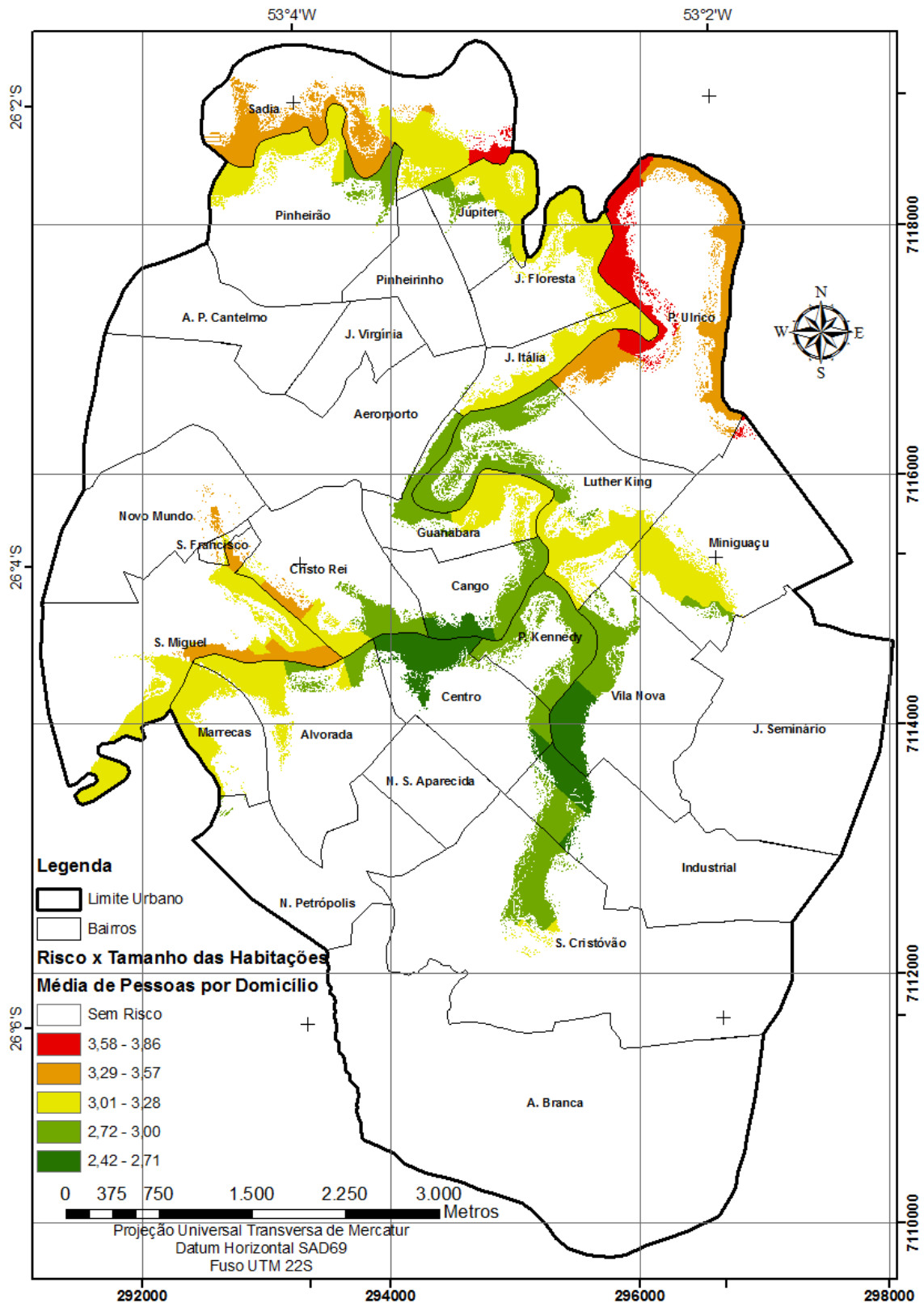


Figura 8: Tamanho das Habitações em Áreas de Risco de Inundação
Fonte: Adres, Caneparo e Hendges (2015).

Nas áreas de inundação, os locais que apresentam precariedade nas habitações são os bairros Padre Urico e Sadia, havendo respectivamente 3,58 e 3,86 pessoas por domicílio; os bairros Cristo Rei, São Francisco e São Miguel apresentam entre 3,29 e 3,57 pessoas por

domicílio. Os bairros que apresentam menor concentração de pessoas por domicílio, sendo a média entre 3,01 e 3,28, são Marrecas, Alvorada, Miniguaçu, Luther King, Jardim Itália, Jardim Floresta e Guanabara (ADRES; CANEPARO; HENDGES, 2015).

Na figura 9 pode ser observada a alfabetização das pessoas em áreas de risco de inundação:

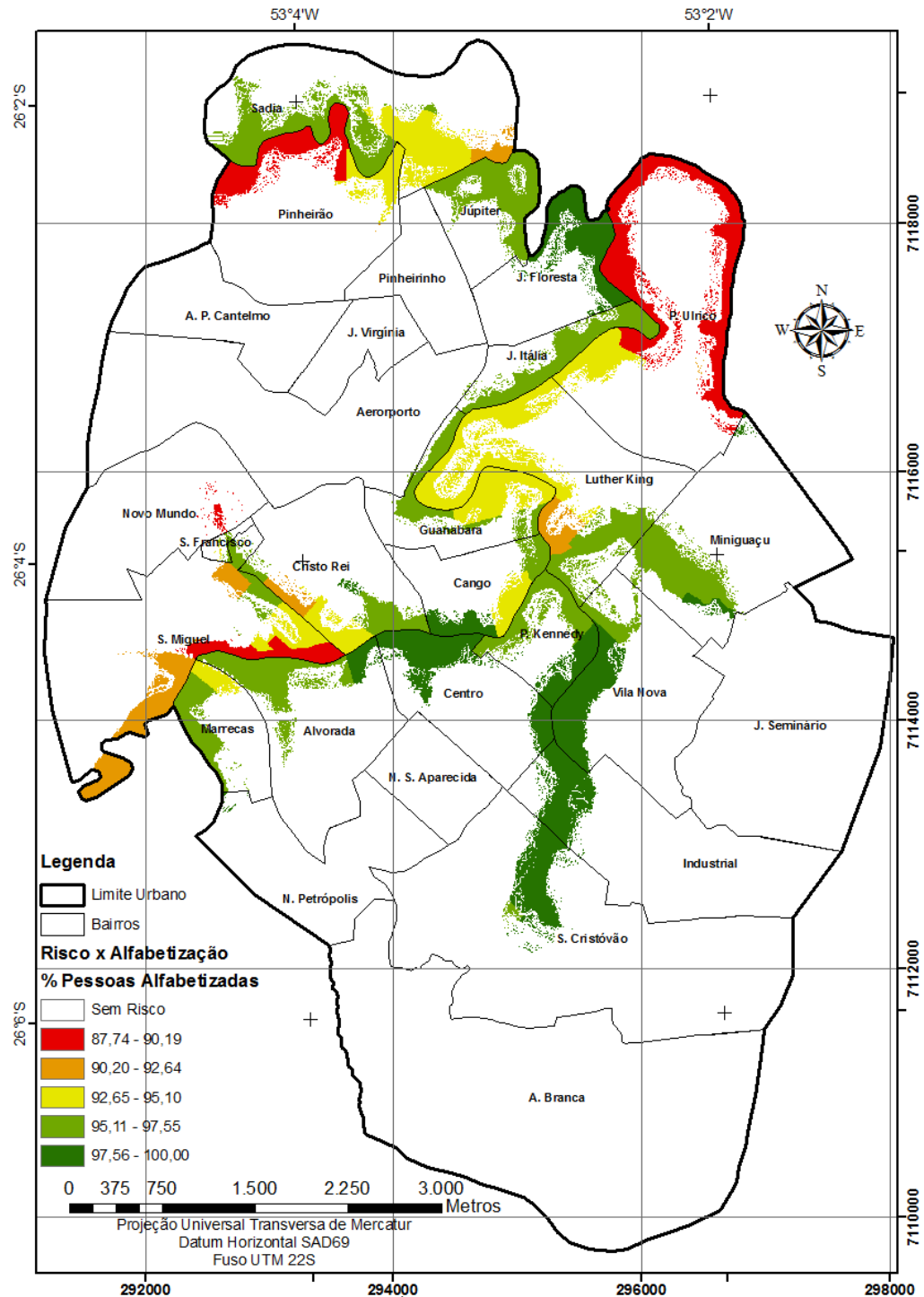


Figura 9: Alfabetização das Pessoas em Áreas de Risco de Inundação
Fonte: Andres, Caneparo e Hendges (2015).

Os índices de alfabetização em áreas de inundação são agravantes. Os bairros Padre Ulrico, Pinheirão e São Miguel possuem índices de alfabetização entre 87,74 a 90,19% e os bairros Marrecas, Cristo Rei, Congo, Luther King, Guanabara e Sadia, possuem índices entre 90,20 a 95,10 %.

Para Andres; Caneparo e Hendges (2015) os bairros que mais necessitam de intervenções por parte das políticas públicas são Padre Ulrico, Sadia, Pinheirão, São Miguel, Marrecas e Cristo Rei.

3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO

Nesta seção é realizada a descrição da área de estudo, contemplando a localização, geologia, geomorfologia, solos e clima.

3.1 LOCALIZAÇÃO

A cidade de Francisco Beltrão fica no Sudoeste do Estado do Paraná, possuindo 735,111 Km² e 78.943 habitantes de acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2013). No mapa da figura 10, pode-se observar a localização do município no estado do Paraná:



Figura 10: Localização de Francisco Beltrão no Estado do Paraná
Fonte: Município de Francisco Beltrão (2013)

O Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, através da resolução nº 35 CNRH (2003), dividiu o Brasil em 12 regiões hidrográficas, dentre elas a Região Hidrográfica do Paraná.

De acordo com a Agencia Nacional das águas (ANA, 2010), com base no princípio dos divisores de água, o Paraná está dividido em 16 Bacias Hidrográficas: Litorânea, Iguaçu, Ribeira, Itararé, Cinzas, Tibagi, Ivaí, Paranapanema 1, Paranapanema 2, Paranapanema 3,

Paranapanema 4, Pirapó, Paraná 1, Paraná 2, Paraná 3 e Piquiri. As divisões estão apresentadas na figura 11:



Figura 11: Mapa das Bacias Hidrográficas do Paraná.
Fonte: ANA, 2010

A Bacia do Rio Iguaçu possui uma área total, dentro do estado do Paraná de 54.820.4 Km², ocupando 28% do seu território (ANA 2010). A figura 12 contém a localização do município de Francisco Beltrão na bacia do Rio Iguaçu.



Figura 12: Localização Francisco Beltrão na Bacia do Rio Iguaçu
Fonte: ANA, 2010

A Sub-bacia do rio Marrecas, figura 13, pertencente à Bacia do Rio Iguaçu. Localiza-se na região sudoeste do Paraná e apresenta uma área de 859,53 km². O rio Marrecas deságua no rio Santana, este por sua vez deságua no rio Chopin. Dentre os municípios que fazem parte da bacia do rio Marrecas estão:

- Francisco Beltrão: ocupando 64,2% do território da bacia;
- Marmeleiro: ocupando 16,2% do território da bacia;
- Flor da Serra do Sul: ocupando 15,5% do território da bacia;
- Verê: ocupando 2,1% do território da bacia;
- Itapejara do Oeste: ocupando 1,9% do território da bacia.

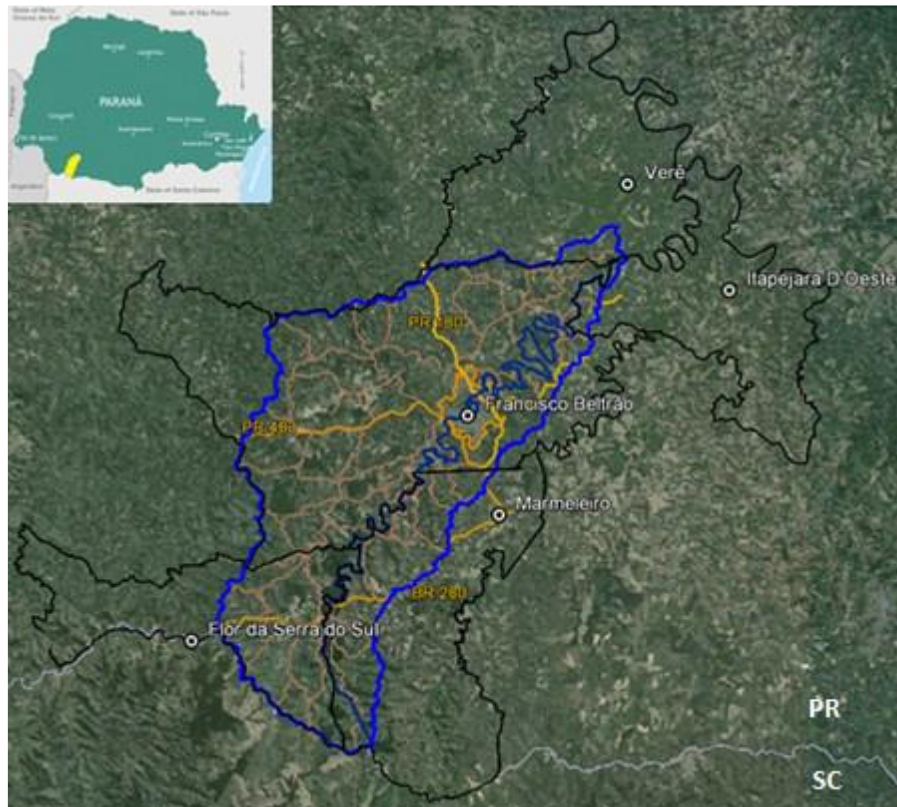


Figura 13: Localização de Francisco Beltrão na Bacia do Rio Marrecas
Fonte: MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO, S/D

3.2 GEOLOGIA

A formação geológica da região em estudo foi definida pela Formação da Serra Geral que originou-se devido a derrames basálticos da parte do centro-oriental da América do Sul que foram resultantes de vulcanismo de fissuras, fissuras estas por onde extravasaram lavas

vulcânicas em grandes proporções, se estendendo pelo Brasil desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, cobrindo uma área de 1200000 Km², passando ainda para o Paraguai, Argentina e Uruguai.

A formação geológica é constituída por rochas basálticas com uniformidade relativa de composição, destacando-se em sua composição os plagioclásios cálcicos. A textura é abundante em vidro intersticial (EMBRAPA, 1984).

3.3 GEOMORFOLOGIA

De acordo com o atlas geomorfológico do estado do Paraná, Francisco Beltrão está situado no Terceiro Planalto Paranaense, mais precisamente na sub-unidade morfoescultural número 2.4.15, chamada de Planalto de Francisco Beltrão, possui dissecação média. A altitude varia de 340m a 860 m. Possui topos alongados, vales em forma de V aberto, vertentes convexas. Essas formações se deram sobre a Serra Geral (MINEROPAR; UFPR, 2006).

3.4 SOLOS

De acordo com a Mineropar (2002), Francisco Beltrão possui predominantemente Latossolo Roxo bastante profundo, estando este em regiões mais planas. As encostas do município são compostas basicamente por Terra Rocha estruturada. Afloramentos de rocha com uma fina cobertura de solo em início de formação aparecem em terreno íngremes e escarpados formando os solos litólicos. Já em terrenos de várzeas e próximo aos rios, onde o solo fica constantemente saturado, há a presença de solos hidromórficos ou Gleyssolos, onde as várzeas são mais extensas e acompanham os sopés das encostas mais íngremes há a formação de solos por colúvios e aluviões.

3.4.1 Descrição Dos Tipos De Solo

Os diferentes tipos de solo se distinguem da seguinte maneira (MINEROPAR, 2002):

- Latossolos: Possuem composição argilosa, são homogêneos, porosos e possuem pigmentação arroxeadada. Quimicamente são estáveis. Geralmente constituem uma

camada espessa passando de 3 metros e em locais planos a camada de latossolo pode chegar a 10 metros. São típicos em relevos de 2 a 8% de inclinação;

- Nitossolo Vermelho Distroférico: Se desenvolvem em regiões com declividade de 8 a 20%, a espessura não costuma passar de 2,5 metros, a pigmentação é uniforme em um tom de vermelho escuro;
- Neossolo Litólico: Apresentam-se em finas coberturas, com profundidades que variam de 20 a 80 cm, são naturais em terrenos montanhosos e escarpados, onde a declividade passa de 20%. Fazem parte do solos litólicos os solos que possuem grande quantidade de cascalho, blocos e matacões não decompostos;
- Gleyssolos: Ocorrem em terrenos baixos, nas cabeceiras de drenagem e nas várzeas. O encharcamento do solo desempenha papel preponderante no desenvolvimento deste solo. São normalmente cobertos por uma camada de turfa ou argila. A espessura deste tipo de solo chega a três metros.

3.5. CLIMA

De acordo com as cartas climáticas do Paraná (2000), baseado na classificação de Köppen, o clima no município de Francisco Beltrão é classificado como Cfa, no caso o clima é subtropical com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, havendo poucas geadas, enquadrando o clima como mesotérmico. Sendo as temperaturas médias no mês mais quente superior a 22°C, com os verões quentes e chuvosos.

3.5.1 Temperatura

A variação de temperatura mensal pode ser observada na tabela 2:

Tabela 2: Variação de Temperatura Mensal

Mês	Temperatura (°c)
Janeiro	23 - 24
Fevereiro	22 - 23
Março	21 - 22
Abril	19 - 20
Maiο	16 - 17
Junho	14 - 15
Julho	14 - 15
Agosto	16 - 17
Setembro	17 - 18
Outubro	19 - 20
Novembro	21 - 22
Dezembro	22 - 23

Fonte: cartas climáticas do Paraná (2000)

De acordo com a tabela 2 pode-se observar que:

- O trimestre mais frio é de junho a agosto com temperaturas variando de 14 a 17°C.
- O trimestre mais quente é de dezembro a fevereiro variando de 22 a 24°C.
- A temperatura média anual varia de 19 a 20°C.

3.5.2 Umidade Relativa

A umidade relativa é a quantidade de água em forma de vapor existente na atmosfera, em Francisco Beltrão ela varia de 70 a 75% (CARTAS CLIMÁTICAS DO PARANÁ, 2000).

3.5.3 Evapotranspiração

Evapotranspiração é a transferência por evaporação de água do solo e da vegetação para a atmosfera, a evapotranspiração mensal pode ser observada na tabela 3:

Tabela 3: Evapotranspiração mensal

Mês (-)	Evapotranspiração (mm/dia)
Janeiro	4 - 4,5
Fevereiro	3,5 - 4
Março	3,0 - 3,5
Abril	2,0 - 2,5
Maio	1,0 - 1,5
Junho	1,0 - 1,5
Julho	1,0 - 1,5
Agosto	1,5 - 2,0
Setembro	2,5 - 3,0
Outubro	3,0 - 3,5
Novembro	3,5 - 4,00
Dezembro	4,0 - 4,5

Fonte: cartas climáticas do Paraná (2000)

3.5.4 Precipitações Pluviométricas

Precipitação pluviométrica é definida como a deposição de chuva, a unidade de medida da precipitação é mm e remete à altura, no caso quando se refere a uma precipitação de 1mm significa que foi lançado sobre 1m² de superfície 1 litro de água. Na tabela 4 pode-se observar a variação da precipitação mensal em Francisco Beltrão:

Tabela 4: Precipitação Mensal

Mês	Precipitação
Janeiro	175 - 200
Fevereiro	175 - 200
Março	125 - 150
Abril	125 - 150
Maio	175 - 200
Junho	150 - 175
Julho	125 - 150
Agosto	100 - 125
Setembro	150 - 175
Outubro	225 - 250
Novembro	175 - 200
Dezembro	150 - 175

Fonte: cartas climáticas do Paraná (2000)

4 METODOLOGIA

Para a confecção do mapa de solos de Francisco Beltrão foi necessário fazer ensaios de caracterização do solo, assim como ensaio de infiltração in loco em 23 pontos. Na figura 14 observa-se a espacialização dos pontos de coleta de solo para ensaios de caracterização e infiltração.

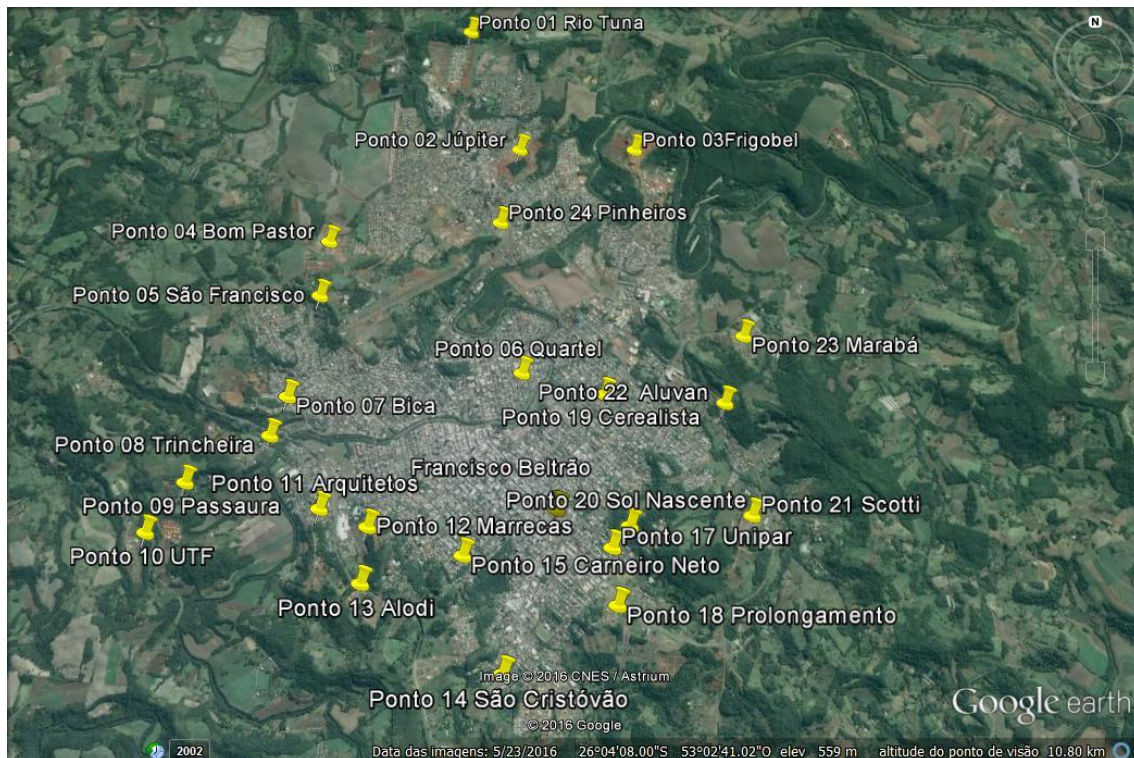


Figura 14: Espacialização dos Pontos Onde Foram realizados os Ensaios de Infiltração e a Coleta de Solo para Ensaios de Caracterização

No total foram realizados ensaios de infiltração em 23 pontos e em todos esses pontos foram coletadas amostras de solo em quantidade suficiente para os ensaios de caracterização: granulometria, densidade, limite de liquidez e limite de plasticidade.

4.1 DETERMINAÇÃO DA INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

Para determinação da infiltração da água no solo foi utilizado o infiltrômetro de anel, através do método enunciado por Brandão et al. (2006). O método consiste na utilização de dois cilindros concêntricos, um com 300 mm e outro com 600mm. Devido a dificuldade de

carregar a quantidade de água necessária para preencher ambos os cilindros, foi feita uma adaptação ao método, para tanto foi utilizado o cilindro de 300mm de diâmetro externamente e internamente foi utilizado um cilindro de 150 mm. Ambos os cilindros com bases bizeladas, facilitando o cravamento dos mesmos no solo. Na fotografia 2, pode-se observar a realização do ensaio:



Fotografia 2: Execução do Ensaio de Infiltração.

O procedimento desenvolveu-se da seguinte maneira:

- Os anéis foram cravados no solo, sendo que uma borda com mais de 15 cm ficou superior ao mesmo, primeiro o anel de diâmetro de 150mm posteriormente o de 300 mm, de maneira que o anel externo reduzisse a infiltração lateral do anel interno, fazendo com que a água do anel interno infiltrasse no solo, em suma de maneira vertical, evitando que ocorresse uma estimativa muito alta da taxa de infiltração (figura 15);
- Na sequência, os anéis foram preenchidos com água e com o auxílio de um paquímetro foram tomadas as leituras de infiltração, na maioria dos casos de minuto em minuto até completar 5 minutos, posteriormente de 5 em 5 minutos até a taxa de infiltração observada no anel externo tornar-se constante. Em casos em que a velocidade de infiltração era bastante alta as leituras foram feitas de minuto em minuto até obter-se a constância da taxa de infiltração e em casos em que a velocidade de infiltração era baixa foram coletadas as leituras de 30 em 30 minutos.
- Uma vez obtidas as leituras de infiltração, os dados foram tabulados no Excel, tempo acumulado e infiltração acumulada, de maneira que permitisse a plotagem de curvas de infiltração e de velocidade básica de infiltração;
- Foram realizados 23 ensaios de infiltração bem especializados na região urbana de Francisco Beltrão, para posteriormente fazer o mapa de infiltração do solo da área urbana do município.

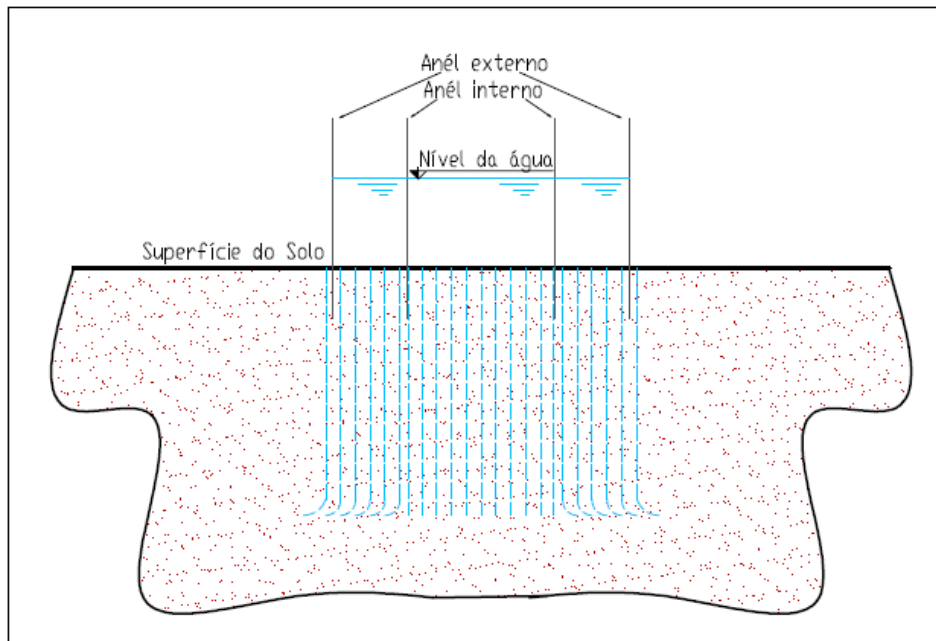


Figura 15: Esquema representativo da infiltração da água no solo a partir dos anéis concêntricos
Fonte: modificado BRANDÃO et al, 2006

A taxa de infiltração foi calculada através da equação (2) de acordo com Carvalho e Silva (2006):

$$TI = \frac{dI}{dt} \quad (2)$$

Onde:

TI = taxa de infiltração, $mm \cdot h^{-1}$;

dI = infiltração acumulada, mm ;

dt = tempo, h .

A infiltração acumulada da água no solo foi descrita através da “equação (3) Potencial, método enunciado por Kostiakov em 1932 (CARVALHO; SILVA, 2006).

$$I = k \cdot t^a \quad (3)$$

Onde:

I = infiltração acumulada (cm);

k = constante dependente do solo;

t = Tempo infiltração (min); e

a = constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A equação da velocidade de infiltração instantânea foi determinada de maneira que apresente a forma da equação (4):

$$VI = A \cdot t^{a-1} \quad (4)$$

A determinação dos coeficientes a e k foi realizada através do método analítico (regressão linear). Inicialmente foram aplicadas equações logarítmicas correspondentes na equações de infiltração de modo a transformá-las de exponenciais para lineares. Verificou-se que a equação de infiltração é uma equação reta do tipo $Y = A + BX$, na qual:

- $Y = \log I$
- $A = \log k$
- $B = a$
- $X = \log t$

Através da regressão linear os valores de A e B foram determinados pelas equações (5) e (6):

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum Y - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (5)$$

$$B = \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad (6)$$

Onde:

m = número de pares de dados de I e t

$A = \log k$

$k = \text{antilog } A$

$a = B$

4.2 COLETA DE SOLO

Foram coletadas 24 amostras de solo da área urbana do município de Francisco Beltrão. As amostras foram colocadas em sacos plástico, os mesmos foram fechados, de modo a assegurar a umidade do solo coletado. Na sequência as amostras foram levadas ao Laboratório de Solos da UTFPR, Campus de Francisco Beltrão.

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras foram preparadas de acordo com a NBR 6457 ABNT (1986):

- Como visualmente foi determinado que o tamanho dos grãos contidos na amostra eram menores que 2mm, foram tomadas cerca de 30 g de solo e pesados úmidos e posteriormente secos em uma balança com resolução de 0,01g. Para a secagem as amostras foram levadas em cápsulas para estufa onde foram mantidas à temperatura de 105° a 110°. Permaneceram na estufa até apresentarem constância de massa;
- O restante de cada amostra foi seco ao ar, até próximo da umidade higroscópica.
- Posteriormente foi feito o destorroamento dos grãos através de almofariz e mão de gral recoberta de borracha;
- Através de quarteamento, foram reduzidas as quantidades de amostra até uma quantidade suficiente para condução dos ensaios de caracterização necessários.
- Uma vez constatado que o tamanho dos grãos eram menores que 5mm, foi tomado cerca de 1 Kg por amostra para o ensaio de granulometria;
- Para o ensaio de limites de liquidez e plasticidade do solo seco ao ar e destorroado foi pego cerca de 200g do mesmo passado na peneira de 0,042mm;
- Para a análise granulométrica por sedimentação foram tomados 500 g de solo passado na peneira de 2mm.

A fotografia 3, apresenta o preparo das amostras:



Fotografia 3: Preparação das Amostras

4.4 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O ensaio de granulometria foi determinado através da NBR 7181 (ABNT, 1984):

- Como foi constatado que os diâmetros dos maiores grãos contidos na amostra são menores que 25 mm, foi utilizada um balança com capacidade nominal de 10 kg com resolução de 1 g;
- O material retido na peneira de 2,00 mm, foi utilizado para peneiramento grosso;
- Para determinação granulométrica, por peneiramento foi montado o conjunto de peneiras na seguinte ordem decrescente: 32mm; 31,5mm; 16mm; 8mm; 4mm; 2mm; 1mm. 0,6mm; 0,425mm; 0,3mm; 0,15mm; 0,075mm;
- O jogo de peneiras com o material foi introduzido no agitador mecânico. Depois de acionado, o conjunto ficou agitando durante 15 minutos;
- Posteriormente as massas retidas acumuladas em cada peneira foram anotadas.

Para determinação por sedimentação, seguiu-se o seguinte procedimento de acordo com a NBR 7181 ABNT (1984):

- Foram colocados cerca de 120g de cada amostra em um béquer, misturados com o defloculante hidróxido de sódio (NaOH). Na sequência, a solução foi agitada e deixada em repouso por cerca de 12 horas;
- Todo o material foi transferido para um copo de dispersão, foi adicionada água destilada, deixando 5cm da borda do copo livre, o aparelho foi acionado e a suspensão ficou dispersando por 15 minutos;
- O material já dispersado foi colocado em uma proveta, foi completado com água destilada até atingir o traço de 1.000cm³, foi agitada frequentemente com bagueete de vidro de modo a manter as partículas em suspensão. Depois de atingida a temperatura de equilíbrio, a proveta foi tampada e agitada com as mãos por movimentos de rotação, durante 1 minuto;
- Terminada a agitação, as provetas foram colocadas sobre a bancada, foi anotado o tempo de início de sedimentação. Cuidadosamente foi introduzido o densímetro e foram anotadas as leituras referentes aos tempos de sedimentação: 0,5; 1; 2; 4,8; 15 e 30minutos, 1; 2; 4; 8 e 24 horas;
- Também foram tomadas as temperaturas de cada proveta na sequência de cada leitura.

4.5 LIMITES DE CONSISTÊNCIA

O solo, quando possui umidade muito elevada, tem aspecto de um líquido fluído e denso. O solo vai endurecendo à medida que perde a água. O limite de liquidez é correspondente à umidade no momento em que o líquido perde a capacidade de fluir e entra no estado plástico. Um solo permanece em um estado plástico até que começa desmanchar-se ao ser trabalhado. E o limite de plasticidade é igual à umidade do solo no momento em que o mesmo se desmancha ao ser trabalhado (CAPUTTO, 2002).

4.5.1 Limite De Liquidez

Para a determinação do limite de liquidez (LL) foram seguidas as prescrições da NBR 6459 ABNT (1984):

- Foi utilizado o aparelho de Casagrande;
- O aparelho foi calibrado;
- Foram colocadas cerca de 100g de solo preparado para o ensaio em uma capsula de porcelana;
- Foi adicionando-se pequenas quantidades de água destilada. Com o auxílio de uma espátula plástica, foi amassada a amostra, de maneira continua, até a mesma tornar-se uma pasta homogênea;
- A pasta foi transferida para a concha, de modo a ocupar 2/3 de sua área;
- Com o auxílio de um cinzel, foi aberto uma ranhura em sua parte central;
- Com a concha acoplada no aparelho, foi rolada a manivela com uma velocidade média de 2 voltas por segundo e foi anotado o valor do número de golpes necessários para que as bordas inferiores da ranhura se unissem ao longo de 13mm de comprimento;
- Com o auxílio da espátula, o material central das bordas que se uniram foi transferido para uma capsula;
- A capsula, com o material úmido, foi pesada e posteriormente levada à estufa, onde permaneceu em temperatura de 105 a 110°C até constância de massa;
- O ensaio foi repetido pelo menos 3 vezes de modo que se conseguisse um ponto entre 15 e 25 golpes, 25 e 30 golpes e entre 30 e 35 golpes;

- Foi plotado um gráfico no qual o eixo das ordenadas corresponde à umidade e o números de golpes no eixo das abcissas, em escala logarítmica. No eixo das ordenadas devem ser lançados os pontos de teor de umidade em escala aritmética;
- Foi obtido na reta, o teor de umidade correspondente a 25 golpes, que é o limite de liquidez do solo, expresso em porcentagem, aproximado para o número inteiro mais próximo.

Na fotografia 4, pode ser observada a execução do ensaio:



Fotografia 4: Ensaio Limite de Liquidez

4.6 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

A identificação do solo foi realizada através da Classificação Unificada de solos, prescrita por Casagrande; esta classificação abrange um sistema composto por duas letras, como pode ser observado na tabela 5 (PINTO, 2006):

Tabela 5: Sistema para Classificação Unificada do Solo

G	Pedregulho
S	Areia
M	Silte
C	Argila
O	Solo Orgânico
W	Bem Graduado
P	Mal Graduado
H	Alta Compressibilidade
L	Baixa Compressibilidade
PT	Turfas

Fonte: Pinto, (2006)

Na tabela 5, as 5 primeiras letras indicam o tipo principal do solo; já as 4 últimas servem para serem associadas às primeiras, fornecendo dados complementares sobre o solo.

Para proceder à classificação, em primeiro lugar deve-se considerar a porcentagem de finos presente nos solos, no caso os passantes na malha 0,075mm (peneira 200). Se a quantidade de material passante for menor que 50%, o solo possuirá uma granulção grosseira, podendo ser pedregulho (G) ou areia (S). Caso a quantidade de material passante na malha 0,075mm for maior que 50%, ele se enquadrará em granulometria fina, podendo ser silte (M), argila (C) ou solo orgânico (O).

4.6.1 Classificação de Solos Granulares

De acordo com Pinto (2006), a classificação granulométrica de solos granulares deve ser feita da seguinte maneira:

- São classificados como solos granulares os solos que possuem uma granulometria grosseira, no caso de pedregulho e areia, de acordo com a predominância de fração granulométrica.
- Podem ser classificados como “bem graduados” e “mal graduados”. São bem graduados quando possuírem diversidade de tamanho de grãos, que faz com que as partículas menores ocupem os espaços entre as partículas maiores.
- O estado de graduação é expresso pelo “Coeficiente de não Uniformidade”, o mesmo é obtido através da equação (7):

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (7)$$

Onde:

- D_{60} : Diâmetro abaixo do qual passaram 60% dos grãos;
- D_{10} : Diâmetro que, na curva granulométrica, corresponde à porcentagem que passa igual a 10%;
- CNU : Coeficiente de Não Uniformidade.

Quanto maior o CNU, mais bem graduada é a areia.

Há ainda o coeficiente de curvatura dos grãos, dado pela equação (8):

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (8)$$

Onde:

- CC: Um solo bem graduado possui CC entre 1 e 3 pertence. Quando CC é menor que 1, quer dizer que há descontinuidade na curva granulométrica, carência de grãos com certos diâmetros. Já quando CC é maior que 3 a curva apresenta grande uniformidade na parte central.

Quando CC está entre 1 e 3, a curva granulométrica se desenvolve suavemente.

De acordo com o sistema unificado, o pedregulho é bem graduado quando o CNU é maior que 6 e o CC fica entre 1 e 3. Já para a areia ser bem graduada precisa ter o CNU maior que 6 e CC entre 1 e 3.

Quando um solo grosseiro apresenta mais de 12% de material fino, isto é, passante na peneira 0,075mm, o CNU não é de interesse para a determinação de características secundárias. Nesse caso interessa fazer o levantamento das propriedades desses finos. A característica desse pedregulho e areia secundariamente classificar-se-á como argilosos ou siltosos (GC e GM ou SC e SM). Essa classificação será determinada pelo posicionamento dos índices de consistência nos mapas de plasticidade.

Caso um solo com granulação grosseira possua finos entre 5% e 12% é necessário apresentar características secundárias (SP-SC, areia mal graduada argilosa) por exemplo.

4.6.2 Solos com Granulação Fina

Quando a porcentagem de finos do solo é maior que 50% o mesmo será classificado como uma argila (C), Silte (M) ou solo orgânico (O). Nesse caso a classificação não depende da maior quantidade de silte e argila, mas sim dos índices de consistência que determinam o comportamento argiloso.

De acordo com o comportamento do solo, pode-se traçar um gráfico do índice de plasticidade (IP) em função do limite de liquidez (LL), formando no gráfico 1 duas linhas, A e B, como pode ser observado na figura abaixo:

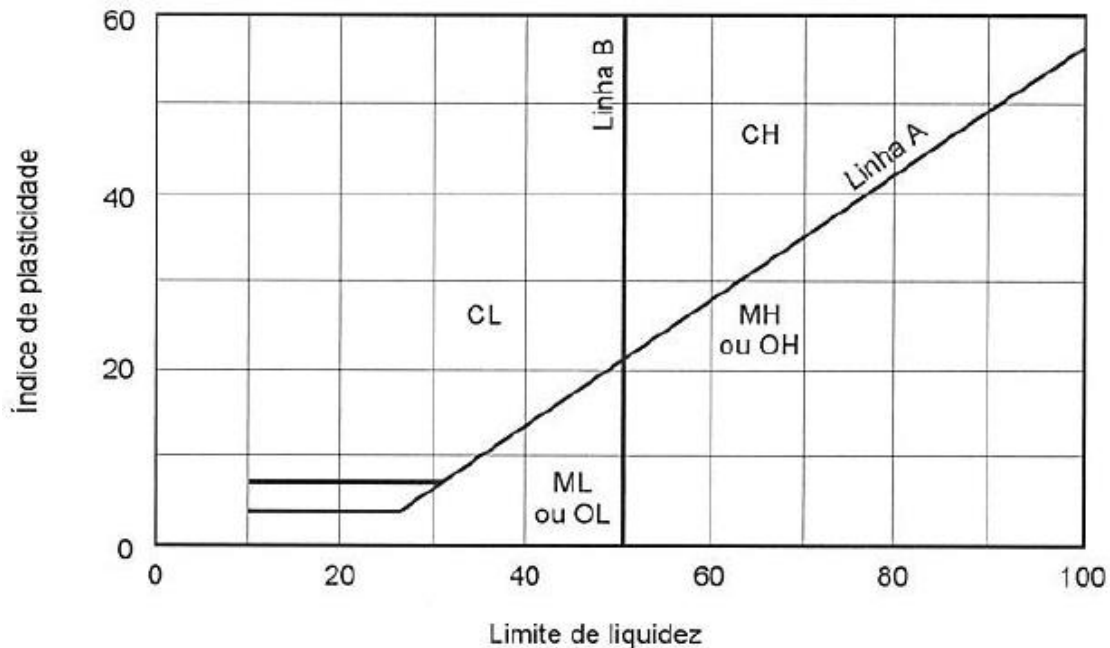


Gráfico 1: Carta de Plasticidade
Fonte: Pinto (2006)

Os solos com comportamento argiloso são marcados acima da reta A, já os silteosos são pontuados abaixo da reta A. A reta A, é representada pela equação (9):

$$IP = 0,73 \cdot (LL - 20) \quad (9)$$

Onde:

- IP : Índice de plasticidade;
- LL : Limite de Liquidez.

Quanto maior o LL mais compressíveis são os solos, logo os solos à direita de B são de alta compressibilidade e à esquerda de B de baixa compressibilidade.

A diferenciação dos solos orgânicos dos siltes pode ser realizada através de observação do aspecto de sua coloração, uma vez que o primeiro apresenta uma cor escura típica (cinza a preto).

4.7 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO QUANTO A TEXTURA

Como existem diversas frações granulométricas em um solo, foi determinada a textura do solo através do triângulo textural americano, gráfico 2, modificado, adotando-se classe muito argilosa para solos com mais de 60% de argila. O método empregado foi descrito por Santos et al. (2005).

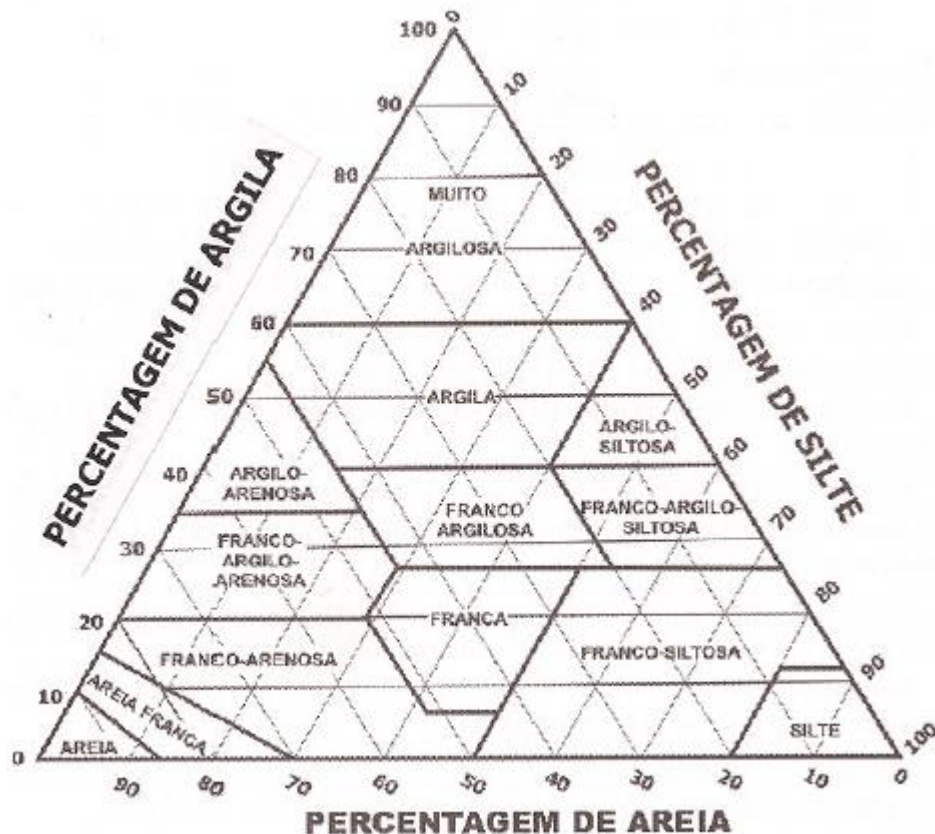


Gráfico 2: Classes Texturais do Solo
 Fonte: SANTOS et al. (2005)

4.8 CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO QUANTO A DECLIVIDADE

A classificação do relevo da área urbana foi realizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006), que faz a classificação do relevo de acordo com as seguintes classes:

- Plano: Declividades variando de 0 a 3%, superfície horizontal com desnivelamentos muito pequenos;
- Suave Ondulado: Apresenta declividades suaves variando de 3 a 8%, possui elevações em torno de 50 e de 50 a 100m;
- Ondulado: declividades moderadas, predominantemente variáveis de 8 a 20%;
- Forte Ondulado: Declives acentuados e bem variáveis de 20 a 45%, possuindo elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m;
- Montanhoso: caracterizado por grandes desníveis e declividades elevadas, variando de 45 a 75%;

- Escarpado: Superfícies bastante íngremes, como falésias, despenhadeiros, a declividade ultrapassa 75%.

Para a classificação do relevo foi elaborado o mapa de declividade e feito o fatiamento do mesmo de acordo com as subdivisões supracitadas (0 a 3%; 3 a 8%; 8 a 20%; 20 a 45%; 45 a 75% e 75% a 100%).

4.9 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo foi determinada através das amostras de solo indeformadas, que foram coletadas através de extratores metálicos, mostrados na fotografia (6):

- Determinação das dimensões do extrator;
- Com as dimensões do extrator determinou-se o volume das amostras;
- Determinou-se a massa úmida das amostras;
- Posteriormente determinou-se a massa seca das amostras;
- Dividindo-se a massa de solo úmido das amostras pelo seu volume obteve-se a massa específica do solo úmido.
- Dividindo-se a massa de solo seco pelo volume obteve-se a densidade do solo seco.

Antes das amostras serem coletadas, removeu-se, com uma enxada, os primeiros 30 cm da camada do solo para remoção de material orgânico, conforme demonstrado na fotografia 5:



Fotografia 5: Coleta Amostras Indeformadas

4.10 TEOR DE UMIDADE DO SOLO

Assim que chegavam ao laboratório as amostras de terra fofa em sacos plásticos fechados, para evitar a perda de umidade para o meio, era determinado o teor de umidade das mesas:

- Pegou-se uma pequena amostra de terra fofa de cada amostra e foi colocada em cadinhos;
- Determinou-se a massa de solo úmido;
- Posteriormente determinou-se a massa de solo seco;
- Subtraindo-se a massa de solo úmido da massa de solo seco foi determinado a massa de água em cada amostra;
- O teor de umidade foi determinado dividindo-se a massa de água pela massa de solo seco e multiplicando-se por 100 obteve-se o resultado final em porcentagem.

4.11 ELABORAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

A elaboração de mapas temáticos foi realizada através do software Spring 5.3, o mesmo é disponibilizado pelo INPE.

Primeiramente criou-se um banco de dados novo para o perímetro urbano de Francisco Beltrão. O primeiro modelo de dados criado é um CAT_MNT (Modelo Numérico do Terreno), onde foram inseridas as curvas de nível de 5 em 5 m, do perímetro urbano, fornecidas pela prefeitura de Francisco Beltrão. Na sequência, através da opção MNT, foi ativada a janela de geração de grade triangular e com as curvas selecionadas, utilizando o método Delaunay e marcando linhas de quebra, foi gerada a grade triangular. E para finalizar foi gerada a grade retangular, através da opção MNT – grade retangular entrando com a triangular e através de um interpolador linear foi gerada a grade retangular.

4.11.1 MAPA DE USO OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapa de uso e ocupação do solo foi realizado através da classificação supervisionada de uma imagem de satélite Landsat 8. Para fazer o mapa, seguiram-se as seguintes etapas:

- Segmentação da imagem, onde a mesma foi dividida em regiões com áreas de interesse da aplicação. Essas regiões são compostas por um conjunto de pixels uniformes que se espalham na imagem em regiões. Para segmentar a imagem, foi realizada a segmentação das três bandas da imagem vermelha, verde e azul (R, G, B) e na opção imagem do Spring foi acionada a janela da segmentação onde foi atribuído um grau de similaridade de 10 e uma área de pixel 30. A segmentação da imagem, proporciona fazer uma classificação por região. Na figura 16 pode-se observar a malha gerada pela segmentação sobre a imagem:

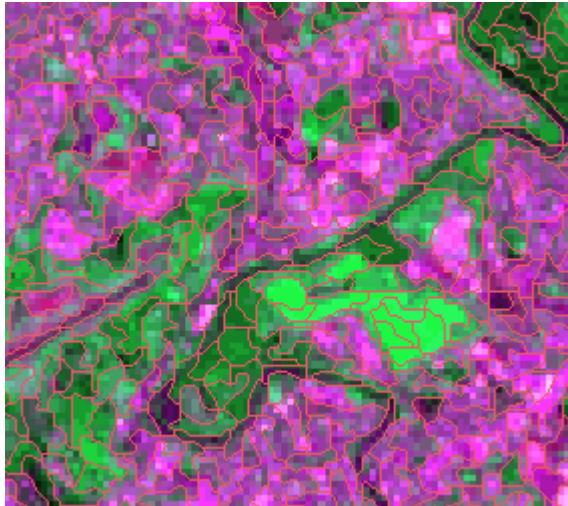


Figura 16: Recorte de um Trecho de Imagem para Demonstrar a Segmentação Realizada

- Classificação da imagem por regiões que considera as informações de cada pixel e as relações espaciais que envolvem pixels vizinhos, desta maneira as áreas homogêneas são reconhecidas. Para fazer a segmentação da imagem com a malha gerada pela segmentação mais as três bandas ativadas, através da opção imagem, foi acionado a janela de classificação e criada uma nova classificação através de regiões. Foi realizada a extração de atributos das regiões, iniciando pelo treinamento criando classe e adquirindo as amostras divididas pela segmentação. As classes de solo foram divididas em floresta, lavoura, pastagem, solo exposto e área construída. Depois do treinamento finalizado, foi realizada a classificação. O tipo de classificação escolhido foi a bhattacharya com limiar de aceitação de 95%.

4.11.2 MAPA DE DECLIVIDADE

O mapa de declividade foi elaborado a partir da grade triangular. Primeiramente foi criado um modelo de dados temático chamado de declividade onde foram inseridas as classes temáticas de declividade de acordo com a metodologia de classificação detalhada no tópico 4.9. As classes de declividade definidas foram definidas em porcentagem (%) de 0-3; 3-8; 8-20; 20-45; 45-75; 75-100. Na sequência, na opção MNT- Declividade foi marcado como entrada a grade e como saída a declividade e a unidade em porcentagem e na categoria de saída selecionou-se um CAT_MNT. Com isso foi gerada uma nova grade com as feições da declividade do terreno. Por fim, na opção MNT – Fatiamento foi atribuído como categoria de saída, o modelo temático declividade e foram definidas as fatias que foram associadas às

classes temáticas criadas no modelo de declividade e com isso obteve-se como resultado o mapa de declividade.

4.11.3 MAPA DE HIPSOMETRIA

O mapa de hipsometria foi gerado a partir da grade retangular. Para o mapa de hipsometria foi criado um modelo de dados temáticos, chamado de hipsometria, onde foram inseridas as classes temáticas de hipsometria, considerando intervalos de 20 metros entre a cota mínima (510m) e a cota máxima (730m). Na sequência, na opção MNT, foi ativada a janela de fatiamento, onde foi selecionada como categoria de saída o modelo temático hipsométrico criado e então foram definidas as fatias considerando as mesmas classes criadas no modelo de dados, arredondando a cota mínima para 510m e a cota máxima para 730m e com um passo fixo de 20 metros. Foram inseridas as classes do fatiamento onde posteriormente foram associadas as fatias das classes temáticas e por fim foi gerado o mapa temático de hipsometria.

4.11.4 MAPA DE SOLOS ITCG – EMBRAPA

A EMBRAPA em 2001 apresentou um mapa de solos do Brasil em escala 1:5000000. O ITCG (Instituto de Terras Cartografia e Geociências – Paraná), fez um refinamento da carta da EMBRAPA, em escala 1:250000. Para a elaboração do mapa de solos optou-se pelo mapa do ITCG, por fornecer um maior detalhamento e refinamento de dados a respeito dos tipos de solos. O mapa de solos apresentado nos resultados foi elaborado no Spring, porém a classificação do solo foi realizada no programa Quantum Gis.

- No programa Quantum Gis foi importada a carta de solos do Paraná na escala 1:250000, realizada pelo ITCG.
- Utilizando a delimitação do perímetro urbano de Francisco Beltrão, foi recortada a carta de solos do Paraná, separando assim, apenas o mapa de solos de Francisco Beltrão.
- Na tabela de atributos do Quantum Gis foi determinada as categorias para cada região delimitada no mapa. Para isso foi categorizado o mapa, a partir da legenda do mapa do ITCG, em seguida o mapa foi rotulado.

- Foi salvo o mapa com o shapefile e importado o mesmo no Spring, com categoria temática. E no modelo de dados foram criadas classes para a categoria temática.
- A classificação do solo no Spring foi realizada de maneira manual. Em edição vetorial, foram editadas as classes temáticas criadas atribuindo os polígonos das classes a elas de maneira manual.

4.12 ELABORAÇÃO MAPAS DE SOLO POR KRIGEAGEM

Para elaboração dos mapas de krigagem, em primeiro lugar foram localizados, com coordenadas geográficas, os pontos das amostras no Google Earth e salvos em kml. Depois disso os mesmos foram importados para o Quantum Gis e salvos como shapefile, depois foram convertidos no Spring para ASCII Spring em um modelo de dados amostra e depois foram novamente importados, mas agora como arquivo de texto. O arquivo foi aberto no bloco de notas várias vezes e salvo como um arquivo separado para cada resultado do ensaio de caracterização:

- Concentração de areia;
- Concentração de argila;
- Concentração de Silte;
- Densidade do solo seco;
- Teor de umidade;
- Índice de Liquidez;
- Índice de Plasticidade.

Cada um desses arquivos foi aberto no bloco de notas, onde apareceu um arquivo com os valores das coordenadas geográficas, para cada um desses arquivos foi apagado o valor numérico de z e colocado os valores do resultado do ensaio. Um exemplo pode ser verificado abaixo para os resultados do ensaio de infiltração:

SAMPLE

INFO

//Amostras de Modelagem Numérica

//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING

//Projeto: Francisco_Beltrao - Plano de informação: localização_amostras

//Categoria: Amostras - Modelo: DIGITALMODEL

PROJECTION UTM, HEMIS -1, ORIG.LAT n 0 0 0.00000000, ORIG.LONG o 51 0
0.00000000, LAT1 n 0 0 0.00000000, LAT2 n 0 0 0.00000000

DATUM Datum->SIRGAS2000, Prd 6378137.000000, Pflt 0.003352810700, Pdx
0.00000000, Pdy 0.00000000, Pdz 0.00000000

OFFSETX 500000.000000 OFFSETY 10000000.000000 SCALEFACTOR 0.999600

BOX X1 o 53 8 53.27963333, Y1 s 26 8 54.00036322, X2 o 52 58 17.61439331, Y2 s 25 58
40.51297383

UNITS Geográficas GMS

SCALE 5000.000000

INFO_END

POINT3D

o 53 3 28.86999700 s 26 1 44.80000277 z 141.75

o 53 3 6.25999700 s 26 2 38.04000278 z 274.65

o 53 2 17.26999697 s 26 2 38.19000278 z 80

o 53 4 23.58999705 s 26 3 18.43000278 z 293.30

o 53 4 25.65999705 s 26 3 39.80000279 z 98.40

o 53 3 3.68999701 s 26 4 9.03000279 z 323

o 53 4 35.21999703 s 26 4 17.89000281 z 169.5

o 53 4 40.81999704 s 26 4 31.91000280 z 56.04

o 53 5 11.13999705 s 26 4 48.62000280 z 183.78

o 53 5 23.70999706 s 26 5 5.78000282 z 54.54

o 53 4 19.09999703 s 26 4 57.87000281 z 310.4

o 53 4 0.33999703 s 26 5 4.09000280 z 87.60

o 53 4 1.26999704 s 26 5 23.10000281 z 92.00

o 53 3 8.59999700 s 26 5 51.58000282 z 82.16

o 53 3 24.33999699 s 26 5 13.82000280 z 425.71

o 53 2 49.67999699 s 26 4 57.80000280 z 92.55

o 53 2 28.83999697 s 26 5 10.92000280 z 74.29

-

o 53 2 27.23999700 s 26 5 30.12000281 z 5.91
o 53 2 31.12999700 s 26 4 16.92000282 z 66.4
o 53 2 22.23999699 s 26 5 3.91000282 z 69.54
o 53 1 44.25999698 s 26 4 20.41000280 z 54.11
o 53 1 35.66999696 s 26 3 55.67000279 z 171.66
o 53 3 13.63999700 s 26 3 9.64000279 z 133.73

END

END

No lugar da cota z foram atribuídos o valores da VBI (velocidade básica de infiltração), da mesma maneira foram substituídos os valores numéricos de z com os respectivos correspondentes aos ensaios para os demais arquivos enunciados acima. Feito isso, o arquivo foi salvo com extensão do Spring (. spr) e importados para o Spring no modelo de dados MNT, como amostras.

Para cada um dos arquivos foi realizado o seguinte procedimento até obtenção dos mapas com a interpolação dos resultados para todo o perímetro urbano:

Com o arquivo da localização das amostras e com o resultado dos ensaios selecionados foi realizada a análise geoestatística: análise exploratória, histograma e gráfico de probabilidade. O semivariograma fornecido pelo programa foi ajustado e como resultado o programa gerou um relatório do qual foram extraídos os valores de efeito pepita, contribuição e alcance referidos ao valor de menor akaike. Com esses valores do ajuste do semivariograma em mãos foi validado o modelo de ajuste através dos mesmos, o ângulo de anisotropia sendo considerado 0. Feito esse procedimento, gerou-se a krigagem, colocando como modelo de saída um modelo de dados krigagem pré definido e com isso foi gerado mapas em degrados de cores. Por ser um método estatístico, o procedimento considerou apenas os valores dos ensaios que mais se repetiram em média. Para a apresentação da classificação das áreas realizada pela Krigagem em cada um dos mapas foi aplicada a ferramenta fatiamento, para delimitação das classes, para tanto em cada um destes mapas foi considerando os seguintes intervalos:

- Mapa Infiltração: 25 em 25mm/h;
- Mapa concentração de Areia: 1% em 1%;
- Mapa concentração de Argila: 5% em 5%;

- Mapa concentração de Silte: 5% em 5%;
- Mapa concentração Densidade do solo seco: 1 em 1 kN/m³;
- Mapa concentração Teor de umidade: 5% em 5%;
- Mapa concentração Índice de Liquidez: 1% em 1%;
- Mapa concentração Índice de Plasticidade: 5% em 5%.

4.12 ELABORAÇÃO MAPAS DE MANCHA DE INUNDAÇÃO

Para elaboração dos mapas de mancha de inundação foram utilizadas fotografias fornecidas pela defesa civil, das inundações ocorridas em agosto de 2011, junho de 2013 e junho de 2014. Em dezembro de 2015 ocorreu uma enchente em Francisco Beltrão, sendo este evento acompanhado e cuidadosamente registrado através de fotografias aéreas e vídeos através de drones com o intuito de fazer o reconhecimento do alcance da mancha de inundação e demonstrar, através das imagens, a magnitude do impacto das inundações sobre a população.

Para fazer a captura das imagens da inundação do dia 18 de dezembro de 2015, foi utilizado um drone, fotografia 6, e foram realizados 4 voos, partindo dos pontos da figura 17:



Fotografia 6: Drone e câmera utilizada para capturação de fotografias da inundação de 2015
Fonte: Imagem Fly (2015)

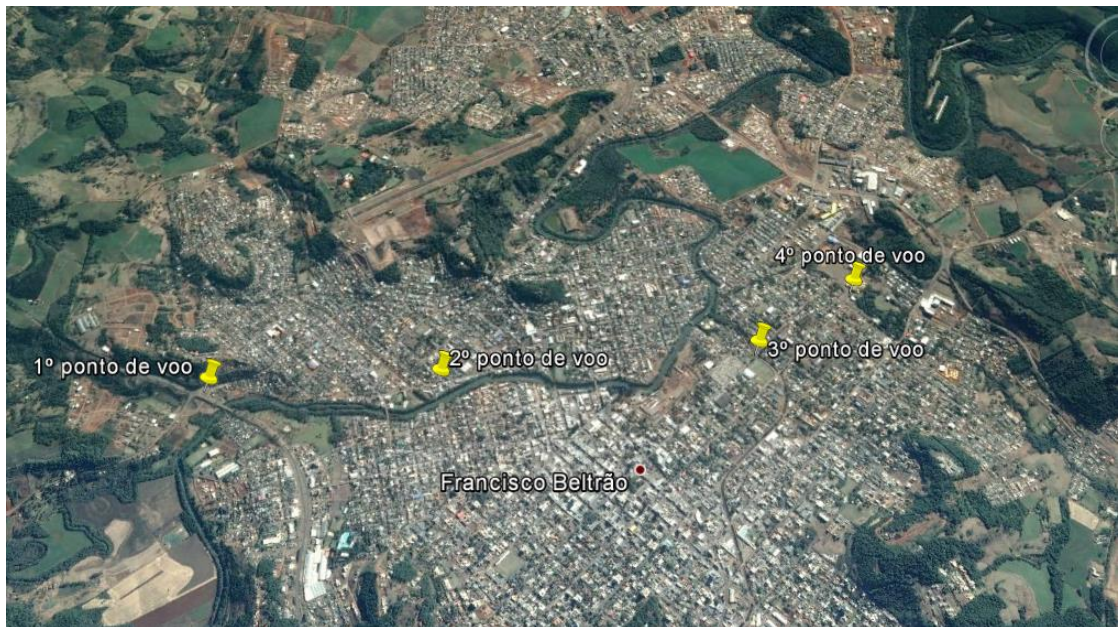


Figura 17: Pontos de onde Foram Levantados Voos com o Drone para Captura de Imagens e Vídeos das Inundações de Francisco Beltrão
Fonte: Google Earth (2016)

Além das fotos dos drones também serão apresentadas algumas imagens fotografadas no solo, para demonstrar o alcance da água a população do bairro mais afetado pelas inundações.

Para a elaboração dos mapas com as manchas de inundação de diferentes períodos, foi determinada a cota de alcance de cada uma das inundações, através do reconhecimento dos pontos no Google Earth, com base nos pontos registrados nas fotografias levantadas. Um ponto de cada mancha de inundação foi salvo em kml, foi importado para o Spring, onde foi sobreposto na grade retangular, observando o ponto de elevação onde estava situado. Posteriormente foi feito o fatiamento, considerando a cota mínima (correspondente ao talvegue do rio) e a cota de alagamento, considerando o passo variável. A categoria de saída foi uma classe temática.

5 RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados da pesquisa. No anexo A encontram-se os dados do ensaio de infiltração.

5.1 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Para fazer a classificação Unificada do Solo e a classificação quanto a textura do mesmo, foi necessário relacionar dados de granulometria, sedimentação e índices de consistência. A seguir são apresentados os resultados de tais ensaios e a classificação do solo resultante da correlação destes dados.

5.1.1 Limites De Liquidez

O limite de liquidez de cada amostra está apresentado na segunda coluna na tabela 6. Estes limites representam a umidade no momento em que o líquido perde a capacidade de fluir e começa a entrar no estado plástico.

Tabela 6: Limites de Liquidez

Ponto	LL (%)
Ponto 01 Rio Tuna	50,26
Ponto 02 Júpiter	60,48
Ponto 03 Frigobel	36,37
Ponto 04 Bom Pastor	50,95
Ponto 05 São Francisco	71,95
Ponto 06 Quartel	33,84
Ponto 07 Bica	32,77
Ponto 08 Trincheira	34,31
Ponto 09 Passaura	48,34
Ponto 10 UTF	33,83
Ponto 11 Arquitetos	29,89
Ponto 12 Marrecas	46,32
Ponto 13 Alodi	45,08
Ponto 14 São Cristóvão	49,59
Ponto 15 Carneiro Neto	42,47
Ponto 16 Sanderson	36,34
Ponto 17 Unipar	36,8
Ponto 18 Prolongamento	45,47
Ponto 19 Cerealista	38,97
Ponto 20 Sol Nascente	44,94
Ponto 21 Scotti	38,22
Ponto 22 Aluvan	69,7
Ponto 23 Marabá	52,07
Ponto 24 Pinheiros	45,09

No mapa da figura 18 esta apresentados o mapa do limite de liquidez para o perímetro urbano de Francisco Beltrão. O mapa temático resultantes do fatiamento do mapa feito por krigeagem, no qual foi ponderado os valor dos ensaios e criadas as regiões referente ao limite de liquidez do perímetro urbano.

Na tabela 7, pode-se observar as classes dos limites de liquidez apresentadas no mapa da figura 18 e as correspondentes áreas de abrangência:

Tabela 7: Classes Índice de Liquidez

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
35-40	3,0206	5,5262
40-45	31,9577	58,4664
45-50	19,6816	36,0074
Σ	54,66	100

Como pode ser observado na tabela 7 acima, o intervalo mais representativo para o índice de liquidez varia de 40% à 50%. Sendo que índices de 40% a 45% correspondem a 58,46% da área do mapa.

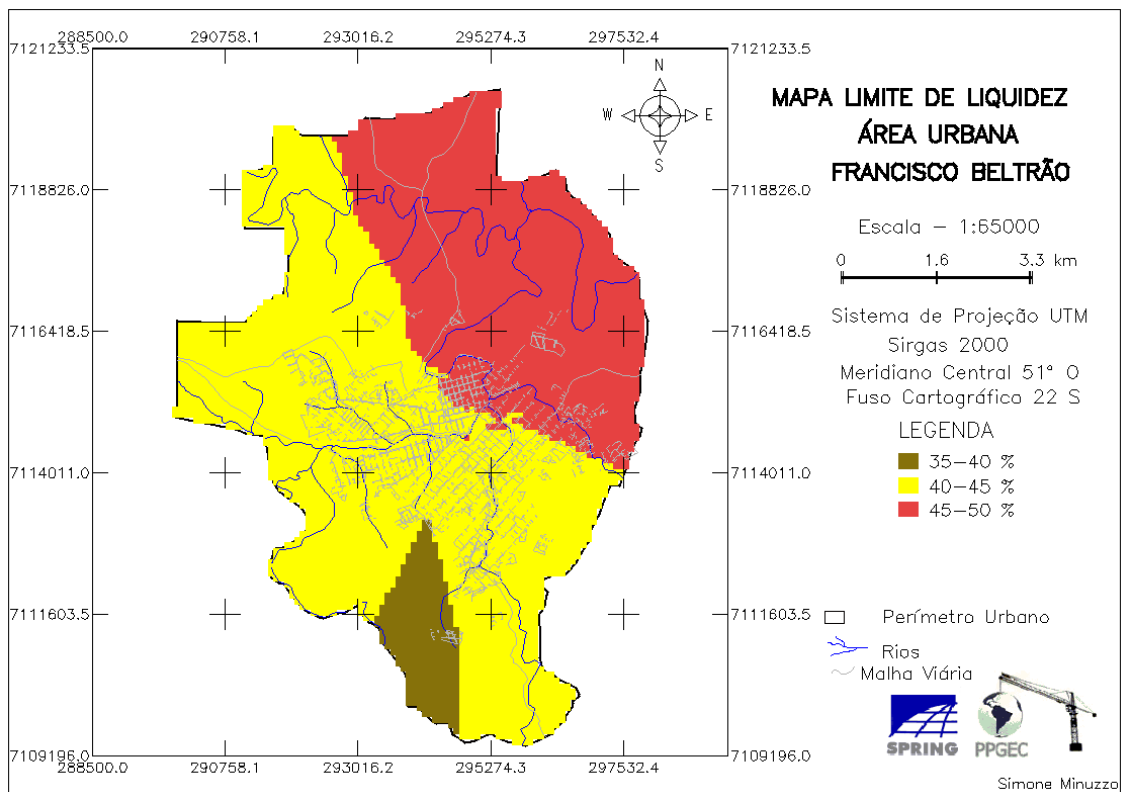


Figura 18: Mapa Limite de Liquidez

5.1.2 Classificação Unificada Do Solo

A tabela 8 apresenta a classificação unificada do solo para todas as amostras coletadas no perímetro Urbano de Francisco Beltrão. A tabela pode ser entendida da seguinte maneira:

- Na segunda coluna é apresentada a classificação do material fino da amostra, como solo orgânico, silte ou argila. A diferença entre silte e solo orgânico foi determinada visualmente, uma vez que o solo orgânico apresenta uma coloração variando de cinza escuro a preto;
- A terceira coluna apresenta as características de compressibilidade do material fino, de acordo com o limite de liquidez. Quanto maior o limite de liquidez mais compressíveis são os solos;
- E na quarta coluna é apresentado um código de letras que reúne, em sequências, as classificações das quatro colunas anteriores. Por exemplo a amostra 1 correspondente ao Rio Tuna, é uma areia bem graduada com a presença de solo orgânico com baixa e alta compressibilidade.

Tabela 8: Classificação Unificada do Solo

Ponto	Granulação Fina	Compressibilidade	Classificação Unificada
Ponto 01 Rio Tuna	Orgânico	Baixa – Alta	OLH
Ponto 02 Júpiter	Orgânico	Alta	MH
Ponto 03 Frigobel	Silte	Baixa	ML
Ponto 04 Bom Pastor	Silte	Baixa – Alta	MLH
Ponto 05 São Francisco	Orgânico	Alta	OH
Ponto 06 Quartel	Orgânico	Baixa	OL
Ponto 07 Bica	Silte	Baixa	ML
Ponto 08 Trincheira	Silte	Baixa	ML
Ponto 09 Passaura	Argila	Baixa	CL
Ponto 10 UTF	Silte - Orgânico	Baixa	MOL
Ponto 11 Arquitetos	Silte	Baixa	ML
Ponto 12 Marrecas	Argila	Baixa	CL
Ponto 13 Alodi	Orgânico	Baixa	OL
Ponto 14 São Cristóvão	Argila	Baixa – Alta	CLH
Ponto 15 Carneiro Neto	Argila	Baixa	CL
Ponto 16 Sanderson	Orgânico	Baixa	OL
Ponto 17 Unipar	Orgânico	Baixa	OL
Ponto 18 Prolongamento	Argila	Baixa	CL
Ponto 19 Cerealista	Argila - Orgânica	Baixa	COL
Ponto 20 Sol Nascente	Argila	Baixa	CL
Ponto 21 Scotti	Argila	Baixa	CL
Ponto 22 Aluvan	Orgânico	Alta	OH
Ponto 23 Marabá	Silte	Baixa – Alta	MH
Ponto 24 Pinheiros	Argila	Baixa	CL

5.1.3 Classificação do Solo Quanto a Textura

Na tabela 9 abaixo, está apresentada a classificação do solo quanto a textura, em relação às porcentagens de argila, silte e areia fornecidos pelo ensaio de sedimentação. A classificação textural foi obtida através do triângulo americano do gráfico 3:

Tabela 9: Classificação do Solo Quanto a Textura

Ponto	% de Argila	% de Silte	% de Areia	Classe textural
Ponto 01 Rio Tuna	55,0	35,8	9,2	Argilosa
Ponto 02 Júpiter	86,0	11,8	2,2	Muito- Argilosa
Ponto 03 Frigobel	41,89	43,67	14,5	Argilo -Siltosa
Ponto 04 Bom Pastor	71,0	21,5	7,5	Muito - Argilosa
Ponto 05 São Francisco	67,8	27,2	5,0	Muito - Argilosa
Ponto 06 Quartel	68,86	26,56	4,58	Muito - Argilosa
Ponto 07 Bica	41,5	49,8	8,7	Argilo - Siltosa
Ponto 08 Trincheira	75,9	21,3	2,8	Muito - Argilosa
Ponto 09 Passaura	64,6	30,3	5,1	Muito - Argilosa
Ponto 10 UTF	76,0	20,7	3,3	Muito - Argilosa
Ponto 11 Arquitetos	48,1	30,5	21,4	Argilosa
Ponto 12 Marrecas	56,5	37,5	6,0	Argilosa
Ponto 13 Alodi	56	34,2	9,8	Argilosa
Ponto 14 São Cristóvão	60,2	35,4	4,4	Muito - Argilosa
Ponto 15 Carneiro Neto	58,2	36,4	5,4	Argilosa
Ponto 16 Sanderson	62,5	33,8	3,7	Muito - Argilosa
Ponto 17 Unipar	64,4	32,5	3,1	Muito - Argilosa
Ponto 18 Prolongamento	54,3	34,1	11,6	Argilosa
Ponto 19 Cerealista	73,86	21,2	4,94	Muito - Argilosa
Ponto 20 Sol Nascente	48,4	37,7	13,9	Argilosa
Ponto 21 Scotti	35,8	43,1	21,1	Franco - Argilosa
Ponto 22 Aluvan	59,6	36,2	4,2	Muito - Argilosa
Ponto 23 Marabá	41,3	50,2	8,5	Argilo - Siltosa
Ponto 24 Pinheiros	51,35	35,9	12,75	Argilosa

As classes texturais dos pontos amostrados foram classificadas em sua maioria como:

- Textura Argilosa: que compreende classes texturais, tendo na composição granulométrica de 35 a 60% de argila;
- Textura muito argilosa: que compreende classes granulométricas com mais de 60% de argila

Nos mapas das figuras 19, 20 e 21, pode-se observar as concentrações de silte, argila e areia no município de Francisco Beltrão.

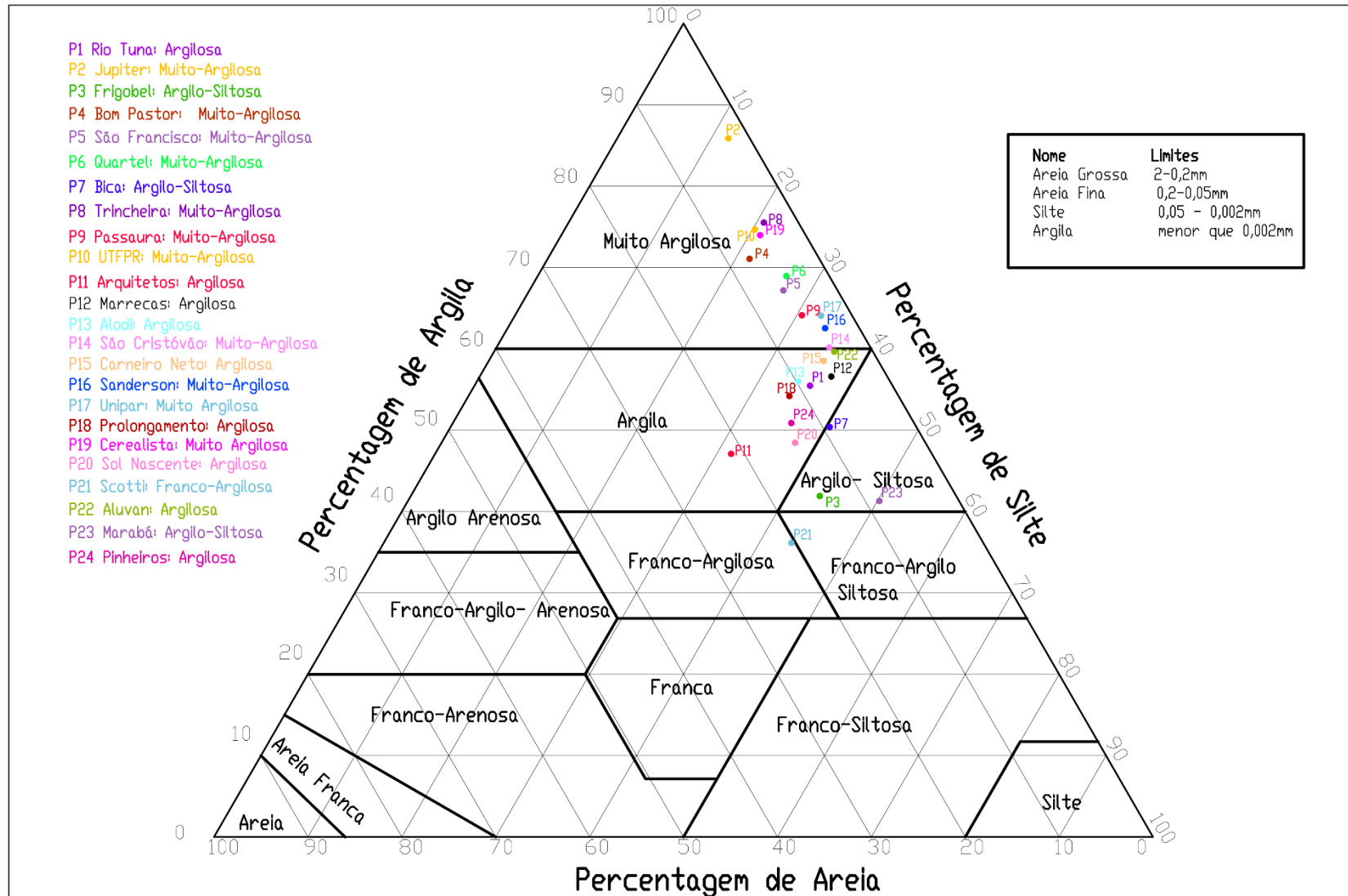


Gráfico 3: Triângulo com a Determinação da Textura do Solo

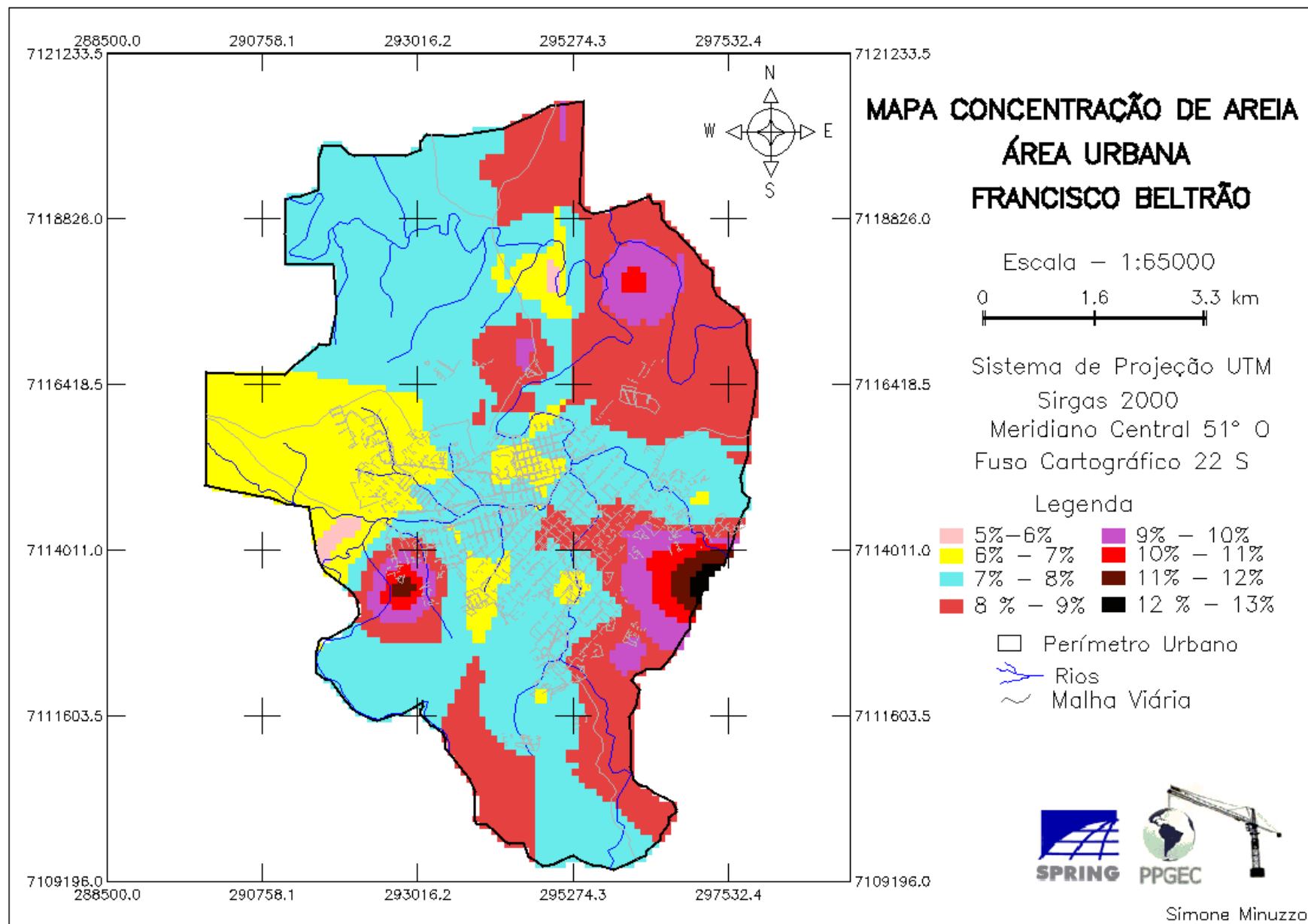


Figura 19: Mapa Concentração de Areia

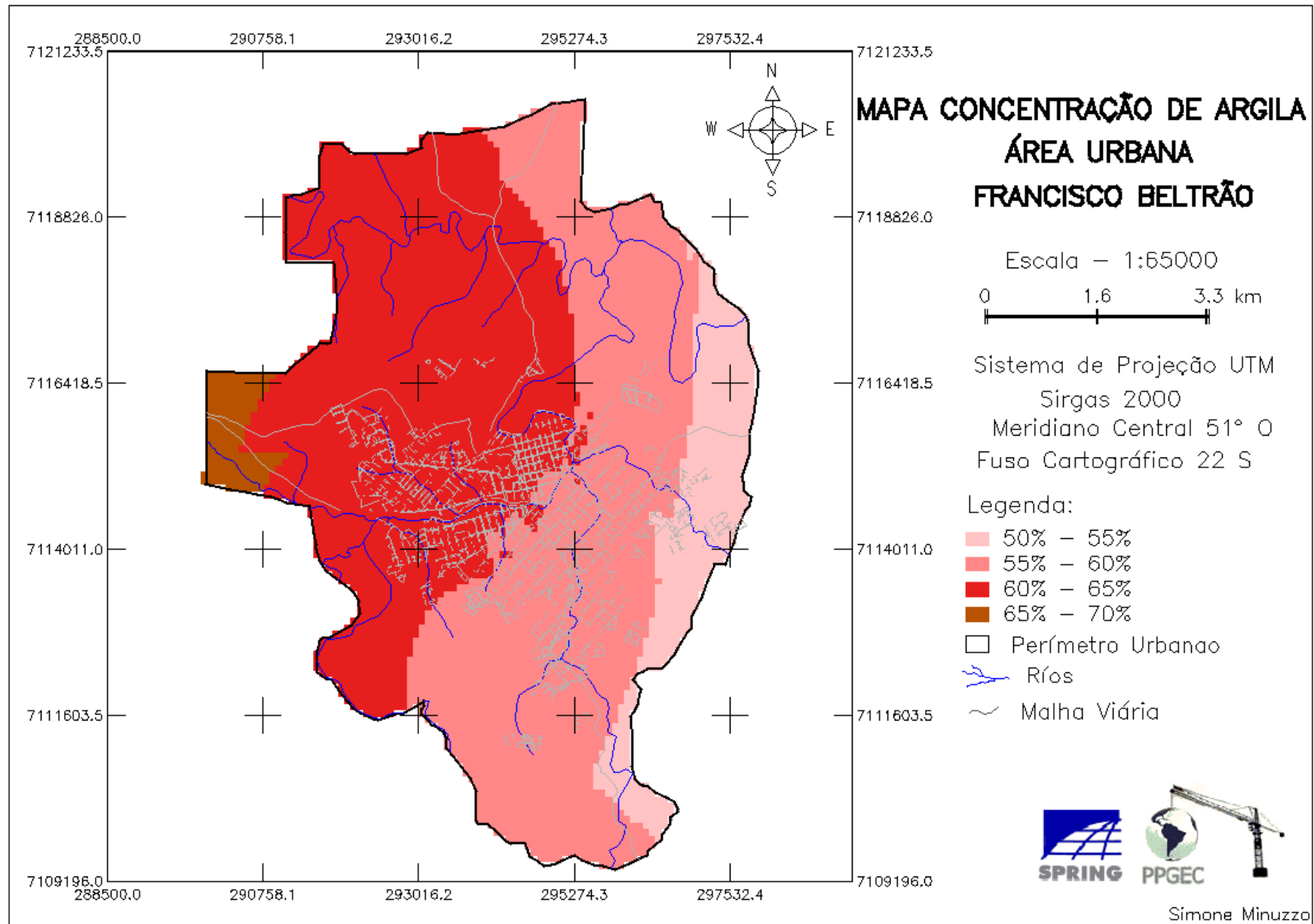


Figura 20: Mapa de Concentração de Argila

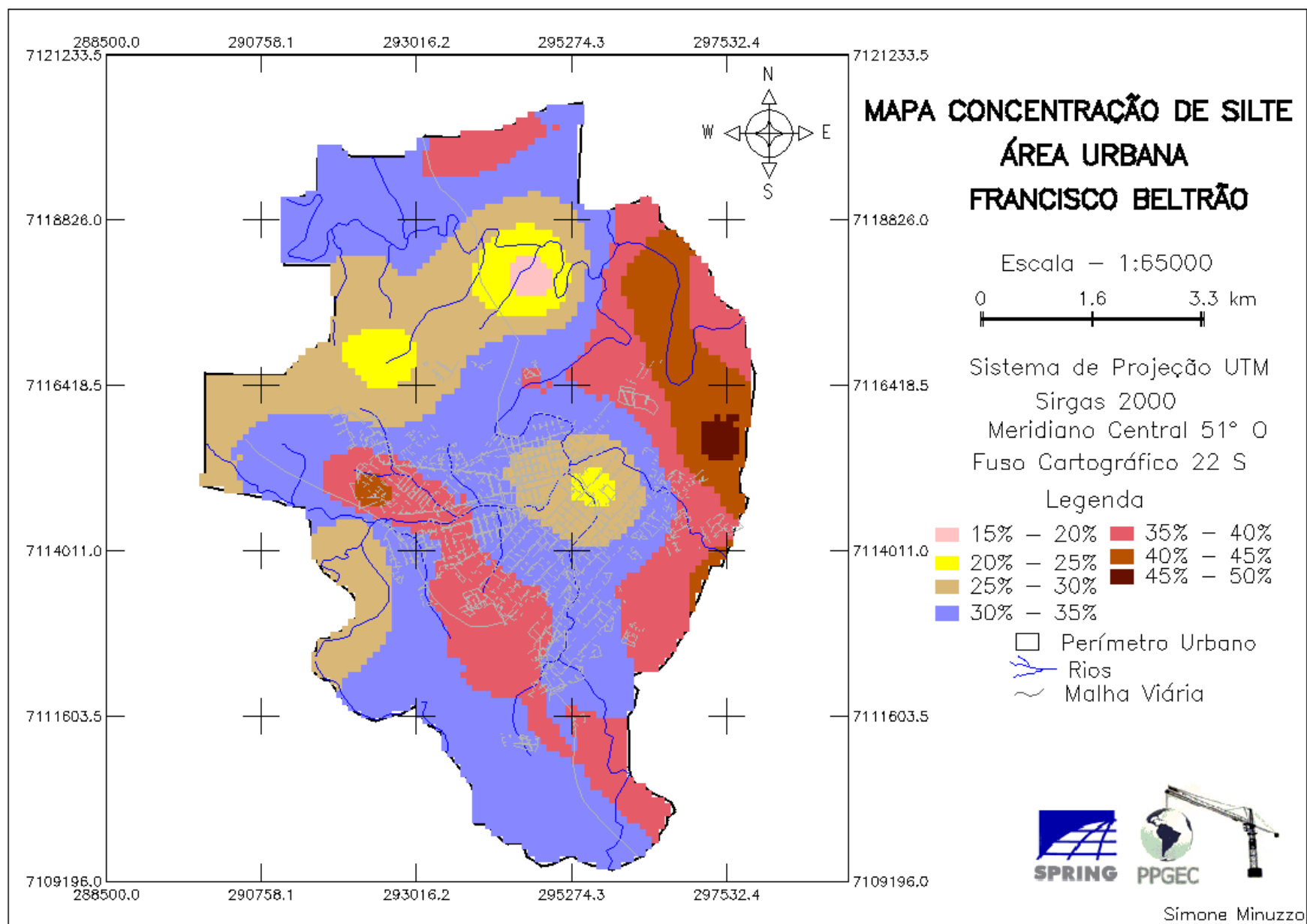


Figura 21: Mapa Concentração de Silte

Nas tabelas 10, 11 e 12 observamos a abrangências das classes de areia, argila e silte no perímetro urbano de Francisco Beltrão:

Tabela 10: Abrangência Areia

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
5-6	0,2897	0,5300
6-7	8,6051	15,7429
7-8	25,9601	47,4938
8-9	15,7192	28,7582
9-10	2,7519	5,0346
10-11	0,8179	1,4964
11-12	0,3883	0,7103
12-13	0,1278	0,2338
Σ	54,66	100

A maior parte da área urbana, 47,49%, possui de 7 a 8% de areia.

Tabela 11: Abrangência Argila

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
50-55	5,6454	10,3282
55-60	22,7155	41,5578
60-65	24,9481	45,6422
65-70	1,3511	2,4718
Σ	54,66	100

A maior parte da área urbana, 45,64%, possui de 60 e 65% de argila.

Tabela 12: Abrangência Silte

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
15-20	0,3098	0,5668
20-25	2,2289	4,0777
25-30	11,3682	20,7980
30-35	24,2043	44,2815
35-40	12,5300	22,9235
40-45	3,7091	6,7857
45-50	0,3098	0,5668
Σ	54,66	100

A maior parte da área urbana, 44,28%, possui de 60 e 65% de silte.

5.2 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

A segunda coluna na tabela 13 apresenta a velocidade básica de infiltração do solo em mm/h. Já a terceira apresenta a equação para a velocidade de infiltração média do solo.

Tabela 13: Dados Infiltração da Água no Solo

Ponto	VBI mm/h	Equação de Velocidade de Infiltração Média
Ponto 01 Rio Tuna	141,75	$VIm = 0,5775 \cdot T^{-0,15868}$
Ponto 02 Júpiter	274,65	$VIm = 2,3652 \cdot T^{-0,34641}$
Ponto 03 Frigobel	80	$VIm = 0,1821 \cdot T^{-0,02565}$
Ponto 04 Bom Pastor	293,30	$VIm = 1,9713 \cdot T^{-0,33582}$
Ponto 05 São Francisco	98,40	$VIm = 0,2933 \cdot T^{-0,1334}$
Ponto 06 Quartel	323	$VIm = 2,333 \cdot T^{-0,30316}$
Ponto 07 Bica	169,5	$VIm = 3,7999 \cdot T^{-0,54939}$
Ponto 08 Trincheira	56,04	$VIm = 0,1124 \cdot T^{-0,37915}$
Ponto 09 Passaura	183,78	$VIm = 5,1945 \cdot T^{-0,31282}$
Ponto 10 UTF	54,54	$VIm = 1,6543 \cdot T^{-0,99731}$
Ponto 11 Arquitetos	310,4	$VIm = 2,168 \cdot T^{-0,32779}$
Ponto 12 Marrecas	87,60	$VIm = 0,058 \cdot T^{0,272636}$
Ponto 13 Alodi	92,00	$VIm = 5,033 \cdot T^{-0,99994}$
Ponto 14 São Cristóvão	82,16	$VIm = 5,2166 \cdot T^{-0,9999}$
Ponto 15 Carneiro Neto	425,71	$VIm = 16,5802 \cdot T^{-0,97813}$
Ponto 16 Sanderson	92,55	$VIm = 1,99 \cdot T^{-0,12772}$
Ponto 17 Unipar	74,29	$VIm = 0,6563 \cdot T^{-0,41569}$
Ponto 18 Prolongamento	5,91	$VIm = 10,1036 \cdot T^{-0,99963}$
Ponto 19 Cerealista	66,4	$VIm = 0,0979 \cdot T^{0,047657}$
Ponto 20 Sol Nascente	69,54	$VIm = 0,157 \cdot T^{-0,02819}$
Ponto 21 Scotti	-	-
Ponto 22 Aluvan	54,11	$VIm = 0,74288 \cdot T^{-0,56249}$
Ponto 23 Marabá	171,66	$VIm = 0,471 \cdot T^{-0,18729}$
Ponto 24 Pinheiros	133,73	$VIm = 0,20106 \cdot T^{0,027588}$

No mapa da figura 22, pode-se observar a espacialização das taxas de infiltração no perímetro urbano de Francisco Beltrão:

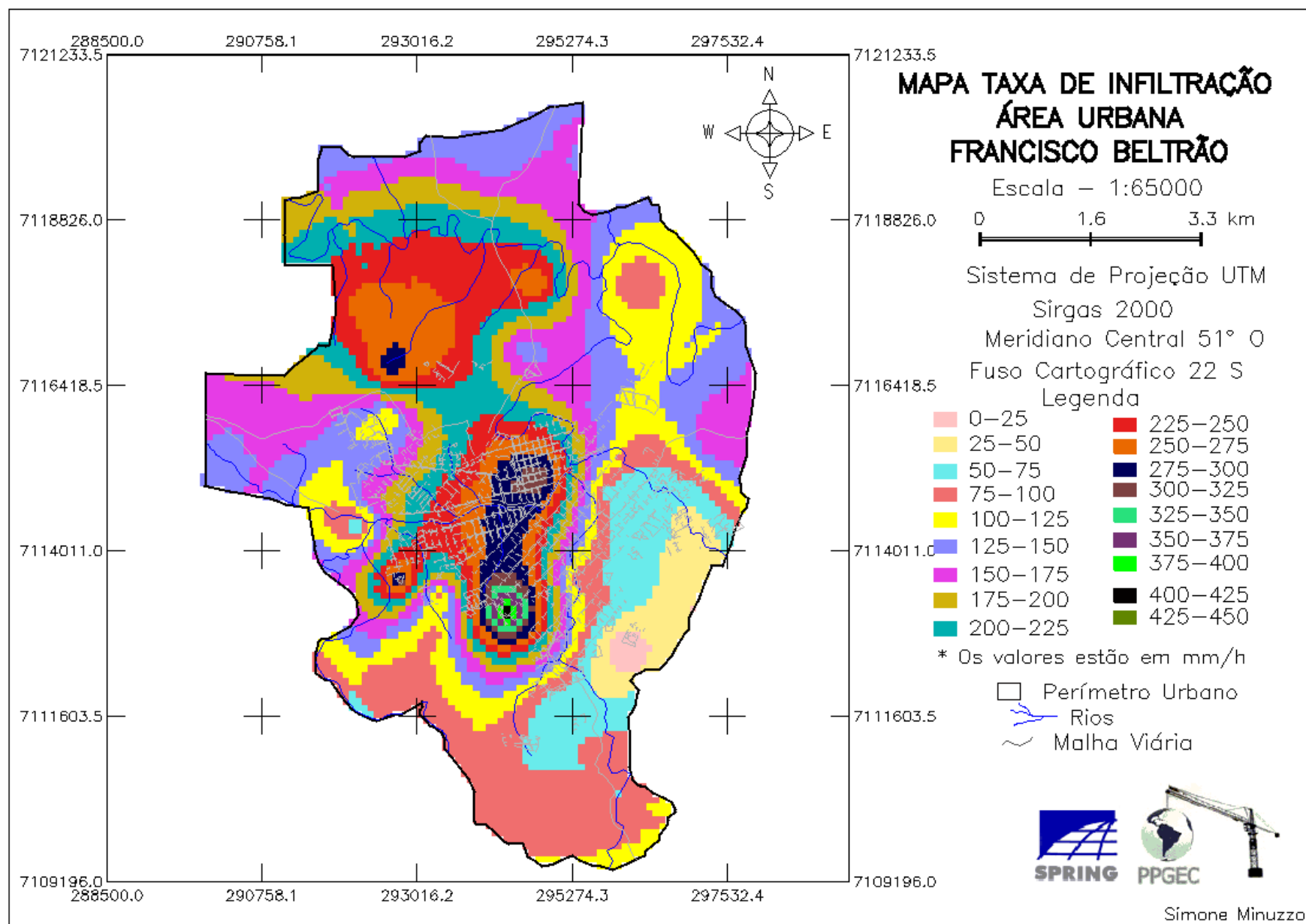


Figura 22: Mapa de Infiltração

Na tabela 14 pode-se observar a abrangência das classes de infiltração na área urbana:

Tabela 14: Abrangência Taxa de Infiltração

Classes mm.h ⁻¹	Área (Km ²)	Abrangência (%)
0-25	0,2926	0,5353
25-50	1,9449	3,5582
50-75	3,6660	6,7070
75-100	7,3837	13,5085
100-125	6,2392	11,4145
125-150	7,9480	14,5408
150-175	7,5644	13,8391
175-200	4,5266	8,2814
200-225	4,7762	8,7380
225-250	5,0774	9,2890
250-275	3,1153	5,6994
275-300	1,4286	2,6135
300-325	0,3787	0,6927
325-350	0,1377	0,2519
350-375	0,1119	0,2047
375-400	0,0516	0,0945
400-425	0,0172	0,0315
Σ	54,66	100

As taxas de infiltração mais significativas variam 75 a 250 mm.h⁻¹.

O tipo de solo é um dos fatores que mais influenciam na infiltração da água no solo. Quanto maior a presença de materiais finos no solo menor é a taxa de infiltração, devido ao preenchimento dos vazios dos solos pelo preenchimento de material fino, silte e argila, fazendo-se tabulação cruzada no SPRING entre o mapa de infiltração e o mapa com a concentração de argila foi constatado de acordo com a tabela 15:

Tabela 15: Tabulação Cruzada Entre Mapa de Infiltração e Mapa de Concentração de Argila

Classes Infiltração	Área Conc. Argila 50-55 (Km ²)	Área Conc. Argila 55-60 (Km ²)	Área Conc. Argila 60-65(Km ²)	Área Conc. Argila 65-70(Km ²)
0-25	0,06880	0,22370	0,00000	0,00000
25-50	1,44330	0,51630	0,00000	0,00000
50-75	0,64540	2,91730	0,10330	0,00000
75-100	0,94660	5,55070	0,88640	0,00000
100-125	0,55940	4,32010	1,35970	0,00000
125-150	1,21340	3,30460	2,75380	0,54220
150-175	0,78310	2,33220	3,70910	0,74010
175-200	0,00000	0,85200	3,60580	0,00000
200-225	0,00000	0,52500	4,25120	0,00000
225-250	0,00000	0,43890	4,63850	0,00000
250-275	0,00000	0,41310	2,70220	0,00000
275-300	0,00000	0,62820	0,80030	0,00000
300-325	0,00000	0,24100	0,13770	0,00000
325-350	0,00000	0,13770	0,00000	0,00000
350-375	0,00000	0,11190	0,00000	0,00000
375-400	0,00000	0,05160	0,00000	0,00000
400-425	0,00000	0,01720	0,00000	0,00000
Σ	5,6600	22,58150	24,94800	1,28230
%	10,36651	41,46659	45,81221	2,354698

A área correspondente à concentração de argila entre 50% e 55% é de 5,6453 Km² correspondente a 10,36% da área classificada. Nesta região, a taxa de infiltração varia de 25 a 175 mm/h.

Tem-se uma área de 22,58 Km², correspondente a 41,46% da área classificada, com concentração de argila entre 55% e 60%, com taxa de infiltração variando de 25 a 425 mm/h. Porém 81,60% dessa área possui taxa de infiltração entre 50 e 175 mm/h.

A área de concentração de argila referente a 60-65% ocupa 24,94% da área, correspondendo 45,81% da área classificada. Para esta área, a taxa de infiltração varia de 50 a 325mm/h.

A concentração de argila de 65 a 70% se estende por uma área de 1,28Km² e nessa área a taxa de infiltração varia de 125 a 275 mm/h.

Solos argilosos quando bem estruturados podem apresentar maior taxa de infiltração que solos instáveis. É frequente em latossolos brasileiros a condutividade hidráulica de solos com elevado teor de argila aumentar em meio saturado. Embora essa ocorrência seja contrária ao que se presume, isso ocorre devido à estrutura dos latossolos possuírem uma maior macroporosidade e estabilidade de agregados devido aos elevados teores de óxido de ferro e alumínio (FERREIRA, 1988 apud Brandão et al, 2006).

A classe de solos, de acordo com os dados da EMBRAPA, refinados pelo ITCG, estão apresentadas no mapa da figura 23:

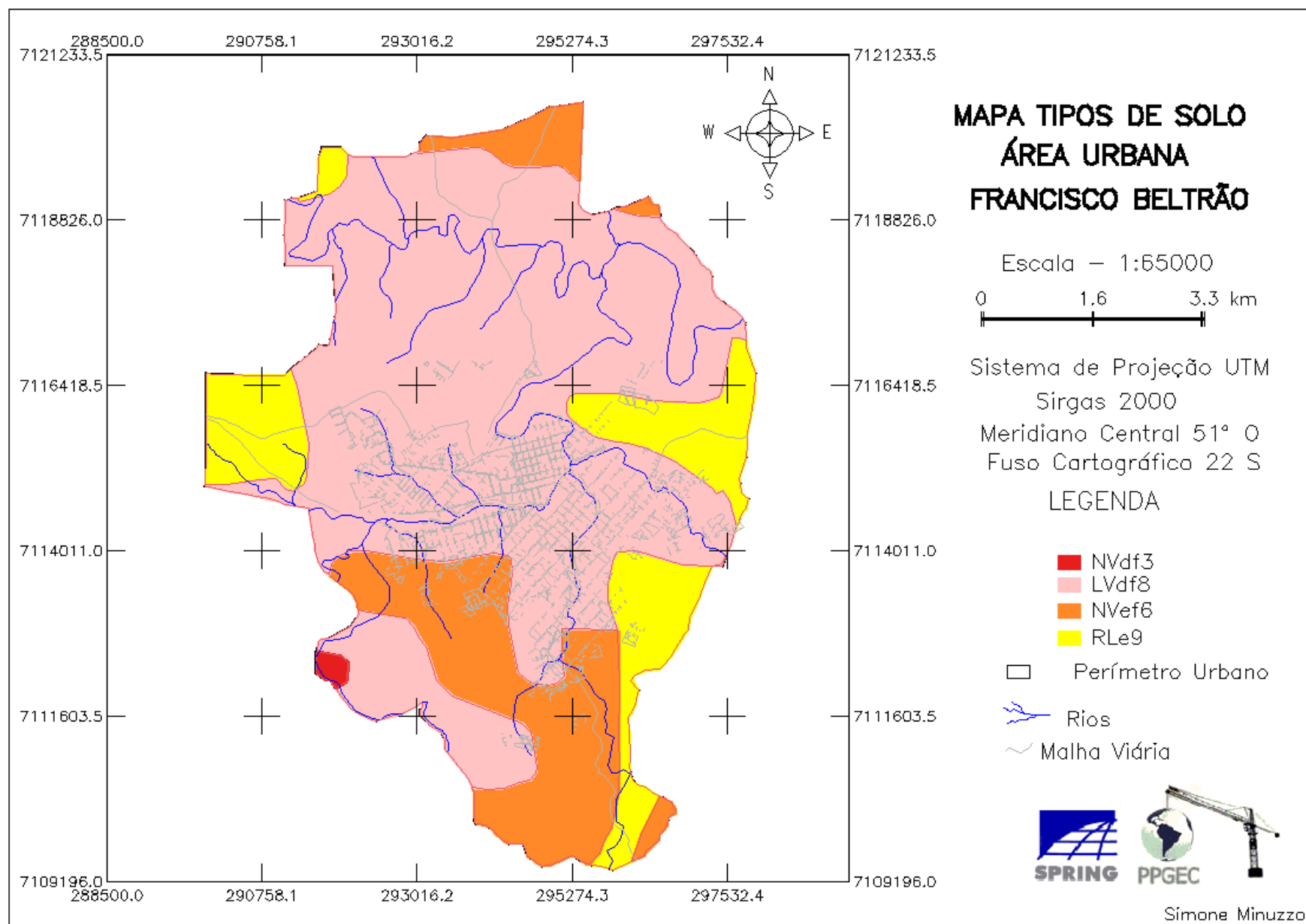


Figura 23: Mapa de Solos ITCG – EMBRAPA

A abrangência das classes de solo da área urbana são apresentadas na tabela 16:

Tabela 16: Classes de Solo ITCG/EMBRAPA

Classes	Área (Km ²)	Abrangência (%)
RLe9	8,0026	14,6407
NVef6	9,8071	17,9420
LVdf8	36,6718	67,0908
NVdf3	0,1784	0,3265
Σ	54,66	100

Como se pode comprovar, através da tabela acima, a área do perímetro urbano é composta por:

- 14,64 % Rle9 – Associação Neossolo Litólico Eutrófico chernossálico + Nitossolo Vermelho Eutroférico típico;
- 17,94% Nvef6 – Nitossolo Vermelho Eutroférico chernossálico;
- 67,09% Lvdf8 – Latossolo Vermelho Distroférico típico;
- 0,32% Nvdf3 – Nitossolo Vermelho Distroférico típico.

5.3 DENSIDADE DO SOLO

Na tabela 17 podemos observar os valores da densidade do solo seco e úmido:

Tabela 17: Densidade do Solo

Ponto	γ Seco (KN/m ³)	γ Úmido (KN.m ³)
Ponto 01 Rio Tuna	12,46	16,92
Ponto 02 Júpiter	10,36	14,93
Ponto 03 Frigobel	10,75	14,40
Ponto 04 Bom Pastor	10,76	15,46
Ponto 05 São Francisco	11,49	17,15
Ponto 06 Quartel	11,12	16,83
Ponto 07 Bica	12,85	18,00
Ponto 08 Trincheira	13,24	19,91
Ponto 09 Passaura	9,35	12,95
Ponto 10 UTF	14,12	18,83
Ponto 11 Arquitetos	12,17	17,49
Ponto 12 Marrecas	11,41	16,24
Ponto 13 Alodi	14,62	18,71
Ponto 14 São Cristóvão	12,08	17,58
Ponto 15 Carneiro Neto	9,70	14,59
Ponto 16 Sanderson	10,65	15,58
Ponto 17 Unipar	8,45	12,32
Ponto 18 Prolongamento	11,77	16,01
Ponto 19 Cerealista	13,72	18,17
Ponto 20 Sol Nascente	14,35	18,82
Ponto 21 Scotti	9,10	12,37
Ponto 22 Aluvan	8,86	13,13
Ponto 23 Marabá	14,07	16,82
Ponto 24 Pinheiros	16,90	20,58

Através da densidade do solo seco é que se pode comparar as diferentes classes de densidade do perímetro urbano, para tanto foi plotado um mapa, apresentado na figura 24, através da tabela 18 pode-se observar a área de abrangência das respectivas classes:

Tabela 18: Classes Densidade do Solo

Classes (KN.m ³)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
8-9	0,0000	0,0000
9-10	0,0000	0,0000
10-11	1,0757	1,9680
11-12	34,1576	62,4911
12-13	18,7210	34,2499
13-14	0,6024	1,1021
14-15	0,1033	0,1889
15-16	0,0000	0,0000
16-17	0,0000	0,0000
Σ	54,6600	100

O intervalo representativo da densidade do solo, do perímetro urbano de Francisco Beltrão varia de 10 a 15 KN/m³. Sendo que o intervalo de maior abrangência corresponde a classe que varia de 11 a 12 KN/m³, ocupando 62,49% da área. Na figura 24 podemos observar o mapa da densidade do solo de Francisco Beltrão:

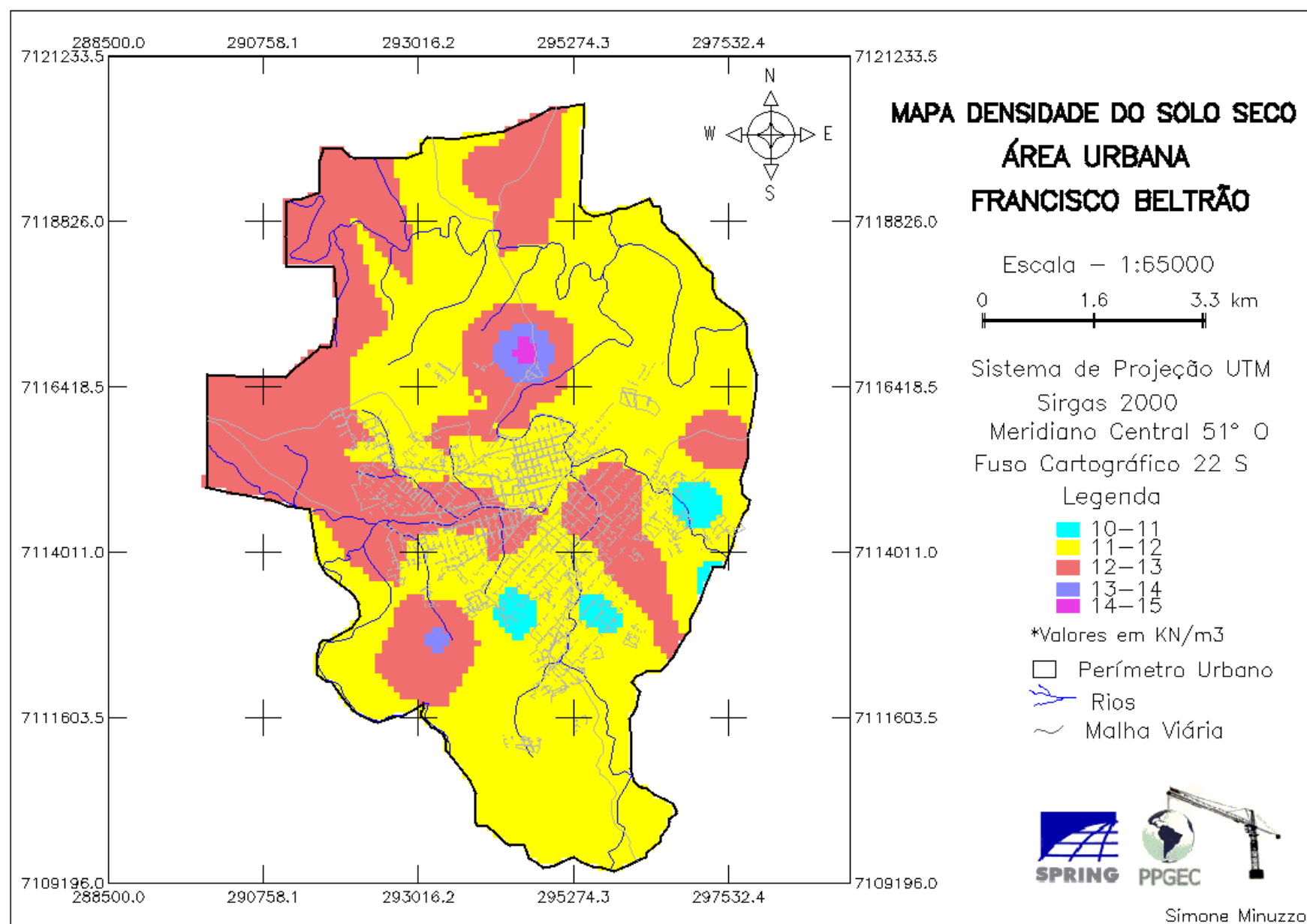


Figura 24: Mapa de Densidade do Solo Seco

A taxa de infiltração pode ser muito mais influenciada pela estrutura do solo que pela textura. Quanto maior a densidade do solo menores as taxas de infiltração, devido à redução tanto da porosidade total quanto da macroporosidade do solo (Brandão et al, 2006). Na tabela 19, pode-se observar os valores em km² da tabulação cruzada entre a densidade e a infiltração:

Tabela 19: Tabulação Cruzada entre Densidade e Infiltração

Classes de Infiltração (mm/h)	Abrangência Densidade 10-11 (Km ²)	Abrangência Densidade 11-12 (Km ²)	Abrangência Densidade 12-13 (Km ²)	Abrangência Densidade 13-14 (Km ²)	Abrangência Densidade 14-15 (Km ²)	Área total (Km ²)	
0-25	0,0000	0,2926	0,0000	0,0000	0,0000	54,6600	
25-50	0,1979	1,3769	0,3700	0,0000	0,0000		
50-75	0,3270	2,2977	1,0413	0,0000	0,0000		
75-100	0,1807	6,1531	0,9897	0,0602	0,0000		
100-125	0,0344	4,8450	1,3167	0,0430	0,0000		
125-150	0,0000	4,4836	3,2185	0,0430	0,0688		
150-175	0,0000	3,0120	4,3685	0,2840	0,0344		
175-200	0,0000	1,8847	2,4698	0,1721	0,0000		
200-225	0,0000	2,3236	2,4526	0,0000	0,0000		
225-250	0,0000	3,5370	1,5404	0,0000	0,0000		
250-275	0,0000	2,4871	0,6282	0,0000	0,0000		
275-300	0,0430	0,9208	0,4647	0,0000	0,0000		
300-325	0,0430	0,3356	0,0000	0,0000	0,0000		
325-350	0,0775	0,0602	0,0000	0,0000	0,0000		
350-375	0,1033	0,0086	0,0000	0,0000	0,0000		
375-400	0,0516	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
400-425	0,0172	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
Σ	1,0756	34,0185	18,8604	0,6023	0,1032		
%	1,967800951	62,23655324	34,50494	1,101903	0,18880351		100

De acordo com a tabela 19, pode-se observar que as maiores taxas de infiltração ocorrem em áreas onde foram apresentadas as menores densidades de solo na área urbana de Francisco Beltrão. Como 96,74% da área classificada possui densidade variando de 11 a 13 KN.m³, observa-se que para classes densidade entre 11 e 12 KN/m³ tem-se taxas de infiltração que variam de 0 a 375mm/h e quando a densidade está em um intervalo de 12 a 13 K/m³ as taxas de infiltração variam de 25 a 300mm/h.

5.4 TEOR DE UMIDADE DO SOLO

Na tabela 20 estão apresentados os valores do teor de umidade das amostras no momento em que foram coletadas.

Tabela 20: Teor de Umidade do Solo

CAP	TARA (g)	MBU (g)	MBS (g)	MW (g)	MS (g)	W	W%
Ponto 01 Rio Tuna	5,60	17,54	14,18	3,36	8,58	0,391608	39,16
Ponto 02 Júpiter	6,33	18,44	14,60	3,839	8,27	0,464208	46,42
Ponto 03 Frigobel	15,53	60,63	48,86	11,77	33,33	0,353135	35,31
Ponto 04 Bom Pastor	5,74	19,28	15,14	4,14	9,4	0,440426	44,04
Ponto 05 São Francisco	6,01	20,05	15,21	4,84	9,2	0,526087	52,61
Ponto 06 Quartel	15,26	60,61	48,83	11,78	33,57	0,350909	35,09
Ponto 07 Bica	67,36	202,79	163,99	38,8	96,63	0,401532	40,15
Ponto 08 Trincheira	80,15	305,00	229,67	75,33	149,52	0,503812	50,38
Ponto 09 Passaura	6,37	24,07	18,97	5,1	12,6	0,404762	40,48
Ponto 10 UTFPR	5,52	23,63	18,77	4,86	13,25	0,366792	36,68
Ponto 11 Arquitetos	51,30	116,54	96,69	19,85	45,39	0,437321	43,73
Ponto 12 Marrecas	6,55	23,22	17,99	5,23	11,44	0,457168	45,72
Ponto 13 Alodi	6,28	27,69	22,61	5,08	16,33	0,311084	31,11
Ponto 14 São Cristóvão	6,12	19,57	15,10	4,47	8,98	0,497773	49,78
Ponto 15 Carneiro Neto	5,71	19,78	15,56	4,22	9,85	0,428426	42,84
Ponto 16 Sanderson	15,17	60,96	47,70	13,26	32,53	0,407624	40,76
Ponto 17 Unipar	63,46	156,10	126,99	29,11	63,53	0,458209	45,82
Ponto 18 Prolongamento	6,45	22,00	17,39	4,61	10,94	0,421389	42,14
Ponto 19 Cerealista	15,57	65,91	53,85	12,06	38,28	0,315047	31,50
Ponto 20 Sol Nascente	6,07	22,46	18,40	4,06	12,33	0,329278	32,93
Ponto 21 Scotti	98,10	233,81	197,91	35,9	99,81	0,359683	35,97
Ponto 22 Aluvan	210,85	354,94	308,09	46,85	97,24	0,481798	48,18
Ponto 23 Marabá	97,86	274,80	245,90	28,9	148,04	0,195218	19,52
Ponto 24 Pinheiros	98,23	321,92	281,88	40,04	183,65	0,218023	21,80

No mapa figura 25, estão apresentados os teores de umidade da área urbana, no momento da coleta das amostras:

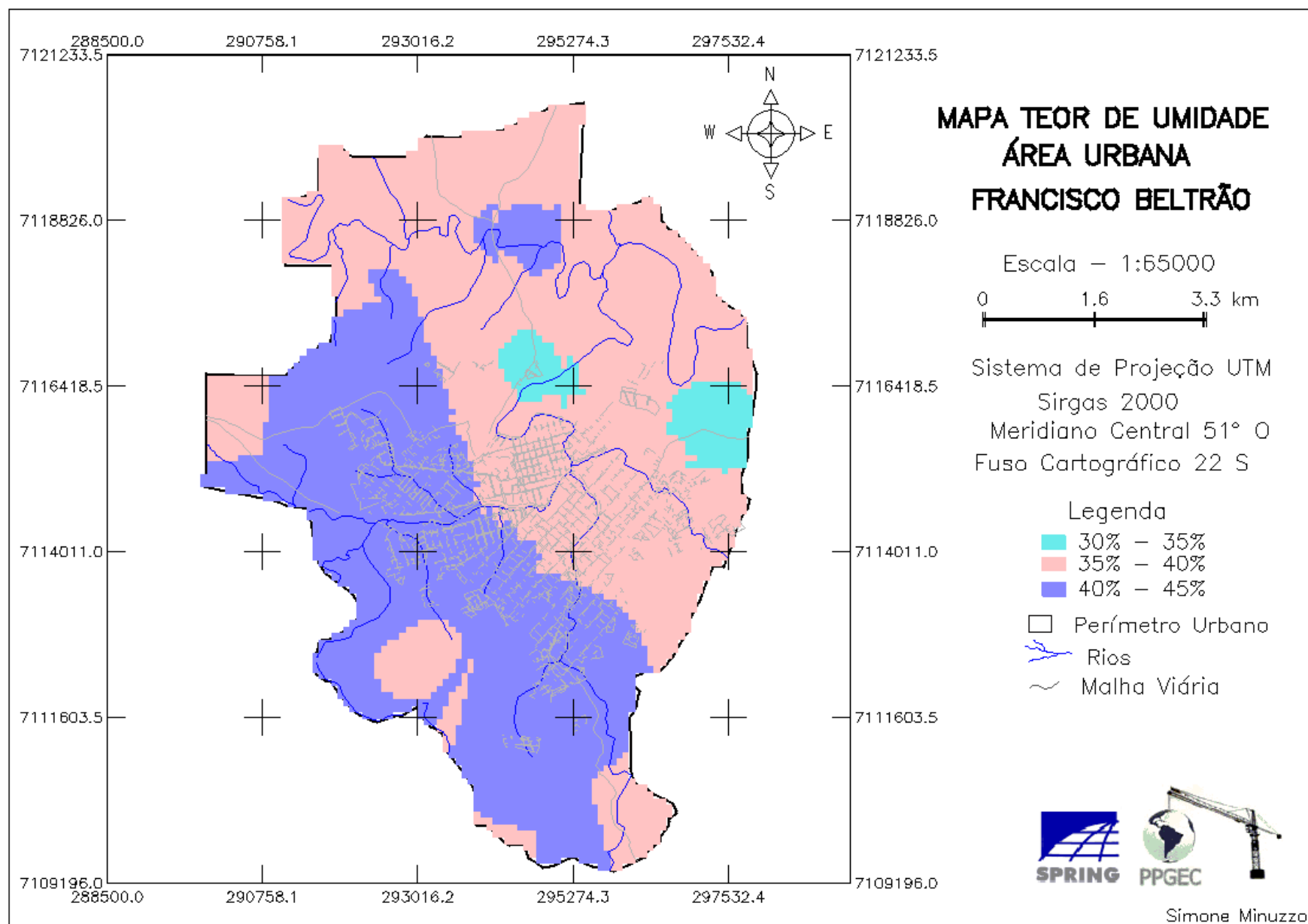


Figura 25: Mapa Teor de Umidade

Na tabela 21, estão apresentadas as áreas de abrangência das classes consideradas:

Tabela 21: Classes Umidade do Solo

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
15-20	0,0000	0,0000
20-25	0,0000	0,0000
25-30	0,0000	0,0000
30-35	2,1428	3,9203
35-40	29,5484	54,0586
40-45	22,9687	42,0211
45-50	0,0000	0,0000
50-55	0,0000	0,0000
	54,6600	100

Os intervalos representativos do teor de umidade do solo no momento da coleta das amostras variam de 3% a 45% nas amostras.

5.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Através do mapa de uso e ocupação do solo, figura 26, as parcelas do solo de Francisco Beltrão foram classificadas como floresta, lavoura, pastagem, solo exposto e área construída. Na tabela 22 apresenta-se os tipos de uso e cobertura do solo e as áreas de abrangência destas ocupações:

Tabela 22: Áreas de Uso e Ocupação do Solo

Classes	Área (Km ²)	Ocupação (%)
Floresta	16,35	29,92
Lavoura	2,65	4,85
Pastagem	10,79	19,74
Solo Exposto	3,86	7,06
Área Construída	21,00	38,42
Σ	54,66	100

Pode-se observar através do mapa de uso e ocupação do solo que uma porcentagem significativa da área urbana é composta por florestas, no entanto esta área verde está concentrada em torno do perímetro, pois à medida que a mancha urbana vai aumentando radialmente a vegetação vai sendo removida, percebendo-se que há vastas áreas construídas, sem nenhuma vegetação para fazer o amortecimento das águas da chuva. E o que é mais

alarmante: há braços e trechos de rios sem mata ciliar alguma e nos trechos em que há mata ciliar percebe-se que a largura da mesma, que acompanha o rio, é bastante estreita.

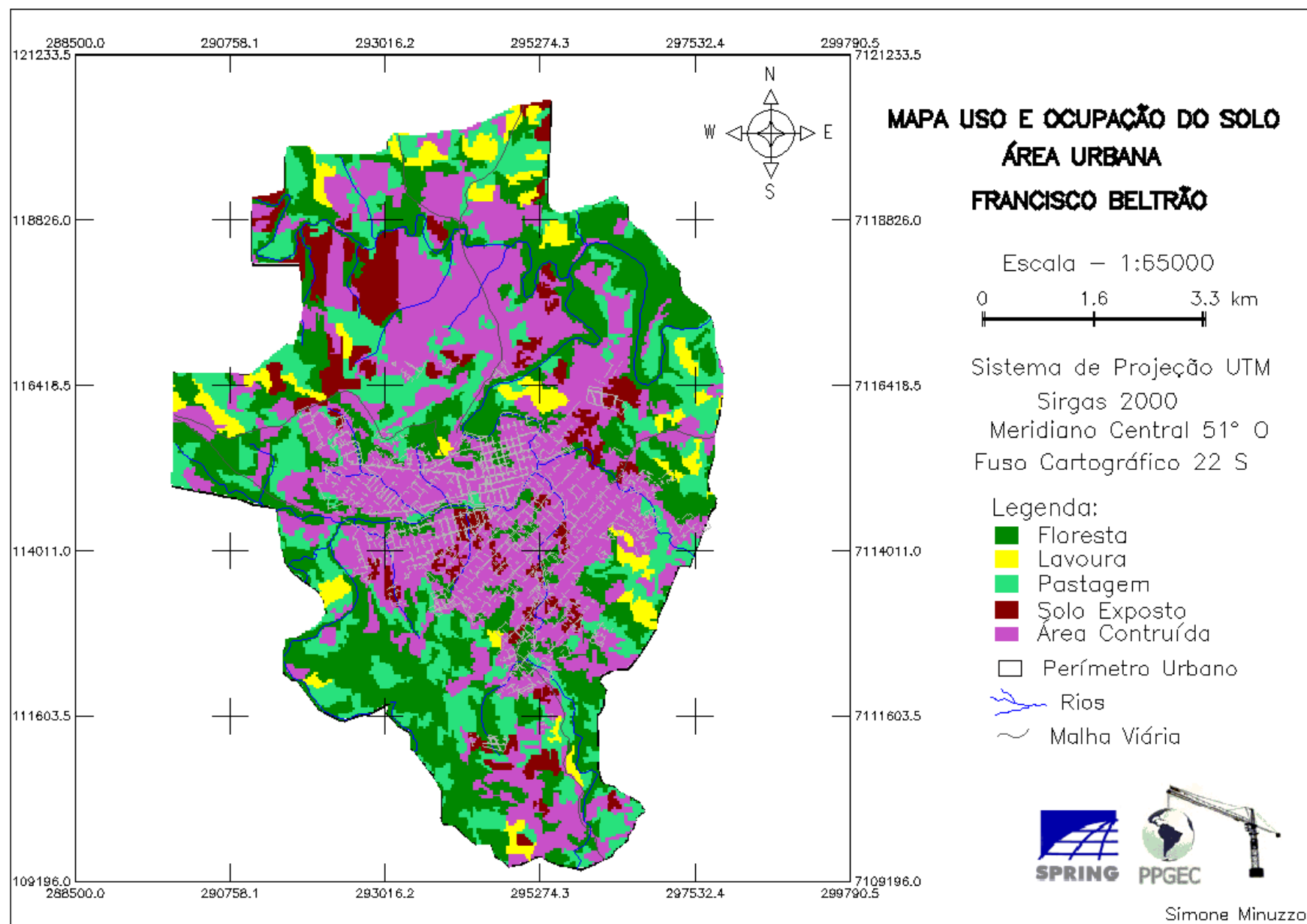


Figura 26: Mapa de Uso e Ocupação do Solo de 2016

5.6 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO QUANTO AO RELEVO

A classificação do relevo da área urbana de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação, pode ser observada no mapa da figura 28, que foi gerado a partir de uma grade triangular. A tabela 23 apresenta as áreas correspondentes às declividades do relevo:

Tabela 23: Área de Abrangência das Declividades

Classes (%)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
0-3	11,14	20,38
3-8	6,59	12,05
8-20	23,57	43,11
20-45	10,59	19,37
45-75	2,54	4,65
75-100	0,24	0,44
Σ	54,66	100

A classe de declividade de maior abrangência da área urbana está em um intervalo entre 8% e 20% de declividade que ocupam 43,11% da área classificada, sendo estes trechos ondulados, com declividades moderada e predominante variáveis dentro deste intervalo. Declividades variando de 0% e 3%, caracterizando superfície horizontais com pequenos desníveis ocupam 20,41% da área urbana. Declives acentuados e bem variáveis de 20%-45% também abrangem uma parcela significativa do território, chegando a 19,23% do mesmo.

A menor elevação da área urbana é 510,07 metros enquanto a maior é 725,03 metros. No mapa de hipsometria, figura 27, é possível identificar os intervalos de elevação do território urbano. Na tabela 24 pode-se observar as áreas de abrangência das classes hipsométricas:

Tabela 24: Abrangências das Classes Hipsométricas

Classes (m)	Área (Km ²)	Abrangência (%)
510-530	0,5477	1,0020
530-550	10,2141	18,6866
550-570	18,0088	32,9470
570-590	7,6214	13,9432
590-610	3,6966	6,7629
610-630	6,3992	11,7073
630-650	5,0580	9,2536
650-670	2,0624	3,7732
670-690	0,7146	1,3074
690-710	0,3131	0,5728
710-730	0,0241	0,0440
Σ	54,66	100

A maior parte do território urbano possui elevações entre 550 e 570m. Uma parcela significativa possui elevações entre 530 e 550m, e isso é alarmante, pois as cotas das manchas

de inundações demarcadas variam de 543m a 548m e fazendo a tabulação cruzada entre o mapa de hipsometria e uso de ocupação do solo, tabela 25, constata-se que:

Tabela 25: Altimetria das Ocupações do Solo

Classes Hipsometria	Área de Floresta (Km ²)	Área de Lavoura (Km ²)	Área de Pastagem (Km ²)	Área de Construída(Km ²)	Área de Solo Exposto (Km ²)	Área de Total
510-530	0,4279	0,0000	0,0971	0,0193	0,0000	54,6600
530-550	3,6936	0,0956	1,5564	3,9580	0,8931	
550-570	3,6359	0,7071	2,7350	9,4726	1,5324	
570-590	1,8822	0,4946	1,4627	3,2244	0,5845	
590-610	1,6974	0,3172	0,8231	0,7677	0,0762	
610-630	2,4065	0,3031	1,7917	1,5808	0,2850	
630-650	1,5711	0,2758	1,4903	1,3377	0,3662	
650-670	0,7084	0,2006	0,5889	0,4824	0,0727	
670-690	0,2552	0,1755	0,1623	0,0938	0,0231	
690-710	0,0379	0,0667	0,0198	0,1673	0,0191	
710-730	0,0043	0,0197	0,0000	0,0001	0,0000	
Σ (Km ²)	16,3204	2,6559	10,7273	21,1041	3,8523	
Σ (%)	29,858083	4,858943	19,625489	38,60974123	7,0477446	

A maior porcentagem de área construída concentra-se em uma altitude entre as cotas 550 a 570m, correspondente a 44,88% da área urbana, como pode ser observado nas tabelas 25 e 26.

Tabela 26: Altimetria das Áreas Construídas

Classes Hipsometria	Área Construída (Km ²)	Área Construída (%)
510-530	0,0193	0,0915
530-550	3,9580	18,7546
550-570	9,4726	44,8851
570-590	3,2244	15,2785
590-610	0,7677	3,6377
610-630	1,5808	7,4905
630-650	1,3377	6,3386
650-670	0,4824	2,2858
670-690	0,0938	0,4445
690-710	0,1673	0,7927
710-730	0,0001	0,0005
Σ	21,1041	100

Uma parcela significativa de área construída está localizada em área de risco de alagamento, uma vez que, como observado no mapa da figura 31, a mancha de inundação em 2014 chegou até a cota 548 m.

Fazendo-se a tabulação cruzada entre os mapas de uso e ocupação do solo e de declividade encontra-se, as seguintes áreas de abrangência, de acordo com a tabela 27.

Tabela 27: Declividade das Áreas de Abrangência das Ocupações do Solo

Classes Declividade (%)	Área de Floresta (Km ²)	Área de Lavoura (Km ²)	Área de Pastagem (Km ²)	Área de Construída (Km ²)	Área de Solo Exposto (Km ²)	Área de Total
0-3	3,0586	0,3721	2,0733	4,5254	1,0648	54,66
3-8	1,1458	0,1597	1,1784	3,3677	0,7140	
8-20	5,8700	1,0782	4,6054	10,4252	1,8066	
20-45	4,4740	0,8357	2,3346	2,5544	0,2498	
45-75	1,5017	0,1963	0,4857	0,3305	0,0161	
75-100	0,1533	0,0116	0,0393	0,0309	0,0009	
Σ	16,2034	2,6536	10,7167	21,2341	3,8522	
(%)	29,6440	4,8547	19,6061	38,8476	7,0476	100

Tabela 28: Declividade das Áreas Construídas

Classes Declividade (%)	Área de Construída (Km ²)	Área de Construída (%)
0-3	4,5254	21,3119
3-8	3,3677	15,8599
8-20	10,4252	49,0965
20-45	2,5544	12,0297
45-75	0,3305	1,5565
75-100	0,0309	0,1455
Σ	21,2341	100

De acordo com a tabela 28 acima, observa-se que:

- 21,31% das áreas construídas ocupam espaços com declividade ente 0-3% que são configuradas como áreas planas;
- 15,85% das áreas construídas, possuem áreas de declividade suaves entre 3-8% que correspondem a terrenos, suavemente ondulados;
- A maior parcela do perímetro urbano correspondente a 49,09% ocupa áreas correspondentes a declividades moderadas entre 8 e 20%;
- Uma parcela significativa da área construída, 12,02%, ocupa áreas com declividades acentuadas, variando entre 20 e 45 %;
- 4,53% das áreas construídas ocupam espaços montanhosos, com declividades entre 45 e 75%.

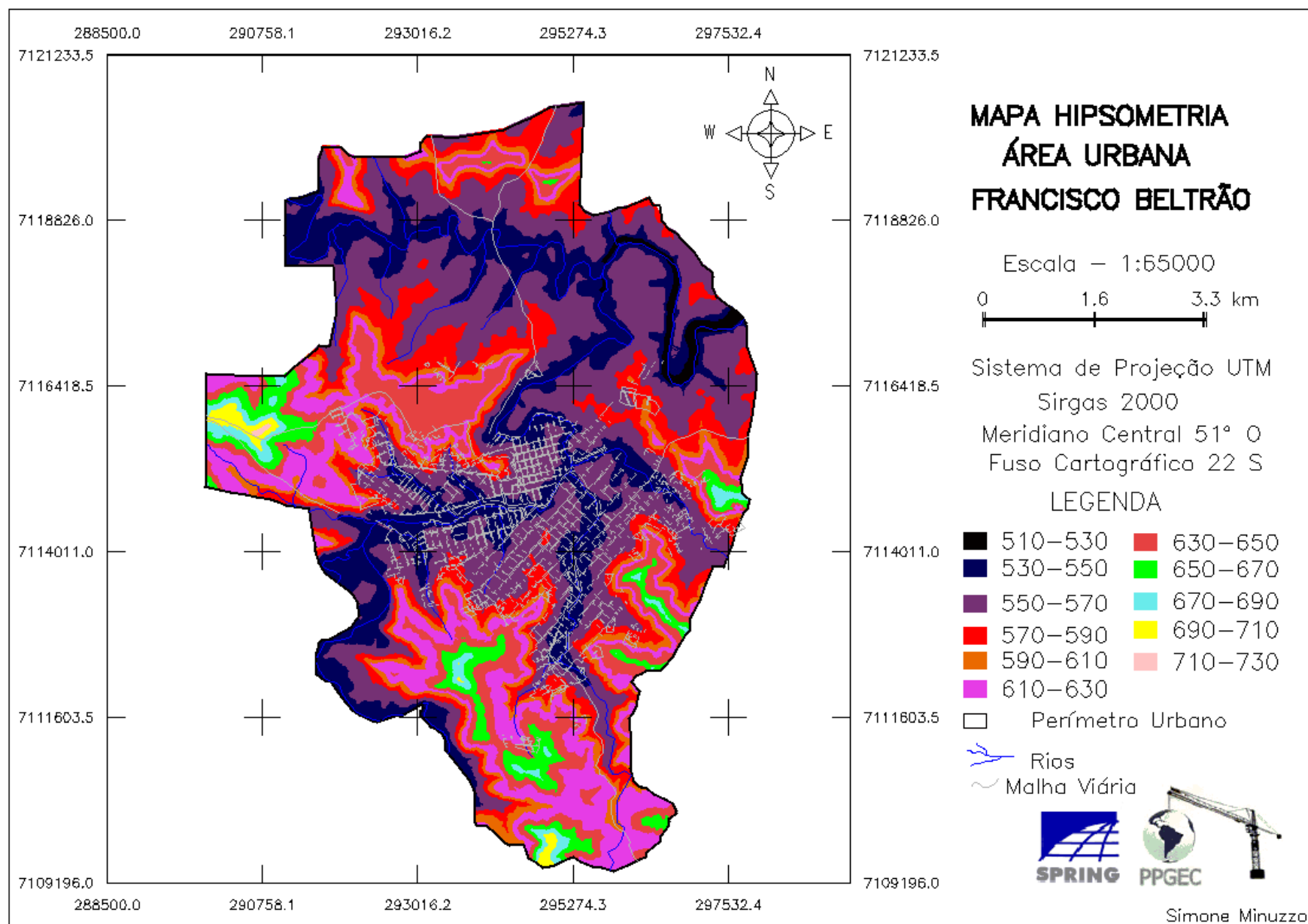


Figura 27: Mapa de Hipsometria do Perímetro Urbano de Francisco Beltrão

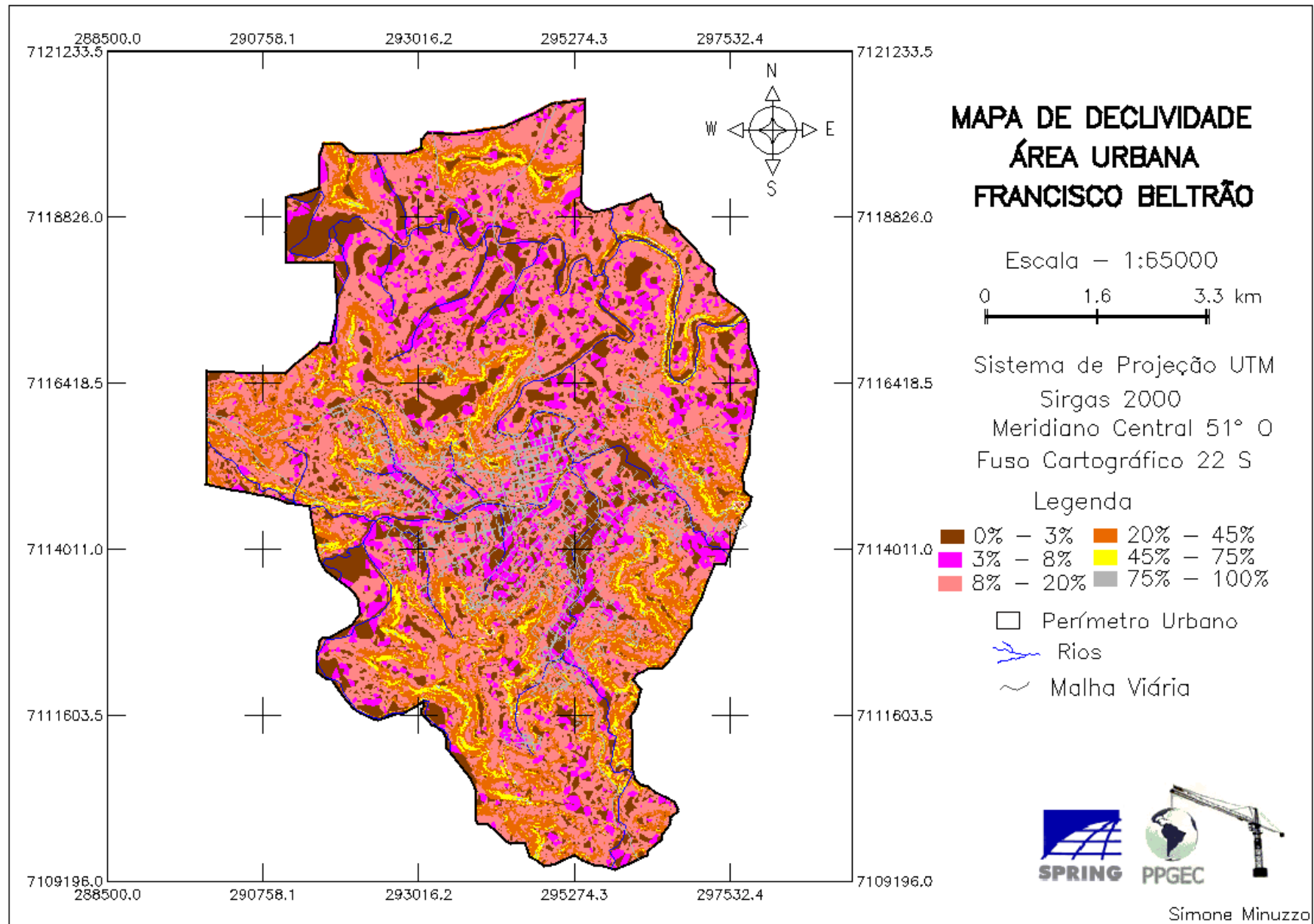


Figura 28: Mapa de Declividade

5.7 MAPAS DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO DE DIFERENTES PERIODOS DO PERIMETRO URBANO DE FRANCISCO BELTRÃO E IMAGENS DA INUNDAÇÃO OCORRIDA EM 2015

De acordo com a Defesa Civil, em agosto de 2011, choveu 352 mm no mês, 152 mm em um dia, 430 pessoas desalojadas.

Segundo a defesa civil, na inundação de junho de 2014, em questão de dois dias choveu mais de 200 mm, o Rio Marrecas se elevou, acima de 5,9m do nível normal e mais de 200 famílias foram desabrigadas. Nas fotografias 7, pode-se observar imagens da inundação.



Fotografia 7: Inundação Junho de 2014
Fonte: Defesa Civil Francisco Beltrão (2014)

Na enchente de dezembro de 2015, de acordo com a Defesa Civil os bairros mais afetados foram Marrecas, São Miguel, Cristo Rei, Presidente Kennedy, Vila Nova, Luther King e Pinheirinho. Mais de 100 famílias ficaram desalojadas. O rio marrecas subiu cerca de 6 metros acima do nível normal, com isso as águas de córregos e afluentes, como Lonqueador, Urutago e Progresso ficaram represadas. Militares do Exército Brasileiro e do Corpo de Bombeiros trabalharam para socorrer a população afetada. Em dois dias choveu cerca de 161,4 mm (DEFESA CIVIL, apud GAZETA DO POVO).

As imagens a seguir, foram obtidas para reconhecimento da área de risco através de levantamento aéreo por drone.

A fotografia 8 apresenta as imagens realizada a partir do 1º ponto de voo.



Fotografia 8: Primeiro Ponto de Voo Imagens Inundação Bairro Marrecas e Alvorada

Fonte: Imagem Fly (2015)

Nas imagem da Fotografia 9 pode ser observado o alcance da mancha de inundação no segundo ponto de voo.



Fotografia 9: Segundo Ponto de Voo Bairro Cristo Rei

Fonte: Imagem Fly (2015)

Nas imagem da Fotografia 10, pode ser observado o alcance da mancha de inundação no terceiro ponto de voo.



Fotografia 10: Terceiro Ponto de Voo Bairro Centro e Vila Nova
Fonte: Imagem Fly (2015)

Nas imagem da fotografia 11, pode ser observado o alcance da mancha de inundação no quarto ponto de voo.



Fotografia 11: Quarto Ponto de Voo Bairro Vila Nova
Fonte: Imagem Fly (2015)

Nas tabelas 29,30,31 e 32 pode-se observar as tabulações cruzadas entre o mapa de declividade e os mapas das manchas de inundação de 2011, 2013, 2014 e 2015.

Tabela 29: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2011 e Mapa de Declividade

Classes Declividade (%)	Área Inundada Agosto de 2011 (km ²)	Área Inundada Agosto de 2011 (%)
0-3	3,9347	53,58290663
3-8	0,9309	12,67703454
8-20	1,4664	19,96949559
20-45	0,6893	9,386915786
45-75	0,272	3,704107201
75-100	0,0499	0,679540255
Σ	7,3432	100

Tabela 30: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2013 e Mapa de Declividade

Classes Declividade (%)	Área Inundada Junho de 2013 (km ²)	Área Inundada Junho de 2013 (%)
0-3	1,2667	39,84210361
3-8	0,3803	11,96175259
8-20	0,7272	22,87295946
20-45	0,5204	16,36838298
45-75	0,2382	7,492215268
75-100	0,0465	1,462586104
Σ	3,1793	100

Tabela 31: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2014 e Mapa de Declividade

Classes Declividade (%)	Área Inundada Junho de 2014 (km ²)	Área Inundada Junho de 2014 (%)
0-3	3,994	44,83207615
3-8	1,5112	16,96300287
8-20	2,2824	25,61961207
20-45	0,784	8,800287356
45-75	0,2859	3,209186422
75-100	0,0513	0,575835129
Σ	8,9088	100

Tabela 32: Tabulação Cruzada Mapa da Macha de Inundação 2015 e Mapa de Declividade

Classes Declividade (%)	Área Inundada Dezembro de 2015 (km ²)	Área Inundada Dezembro de 2015 (%)
0-3	3,9607	48,7770936
3-8	1,2192	15,01477833
8-20	1,8738	23,07635468
20-45	0,7366	9,071428571
45-75	0,2791	3,437192118
75-100	0,0506	0,623152709
Σ	8,12	100

De acordo com as tabelas 29, 30, 31 e 32, conclui-se que as áreas alagadas variam de 3,17 a 8,12 Km². Regiões planas com declividade entre 0 e 3% são as mais afetadas. Mesmo regiões com declividades moderadas (8-20%) e acentuada (20-45%) são significativamente

atingidas pelas inundações. Nas figuras 29, 30, 31 e 32 estão apresentados os mapas com as manchas de inundação de 2011, 2013, 2014 e 2015.

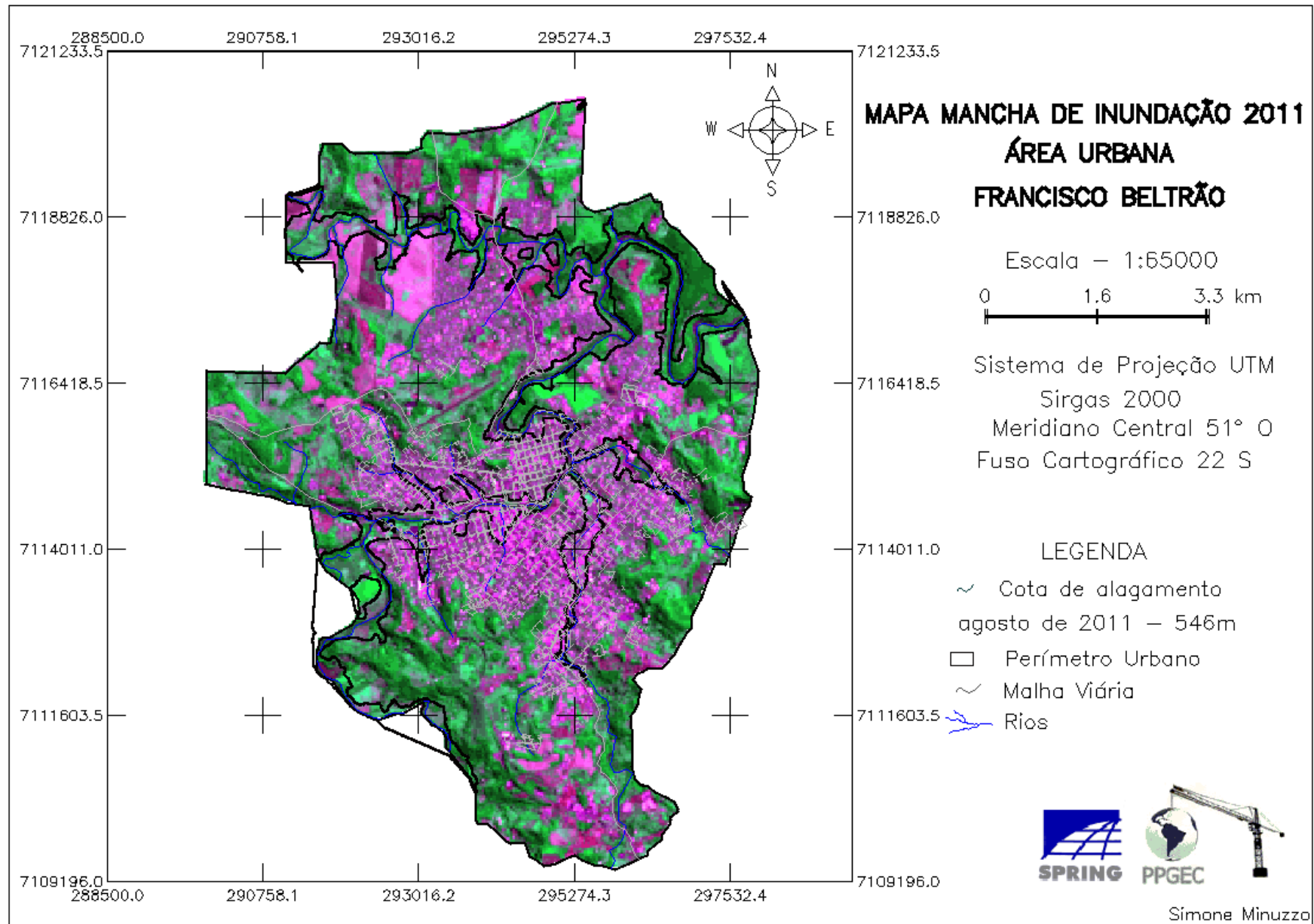


Figura 29: Figura 29: Mancha de Inundação 2011

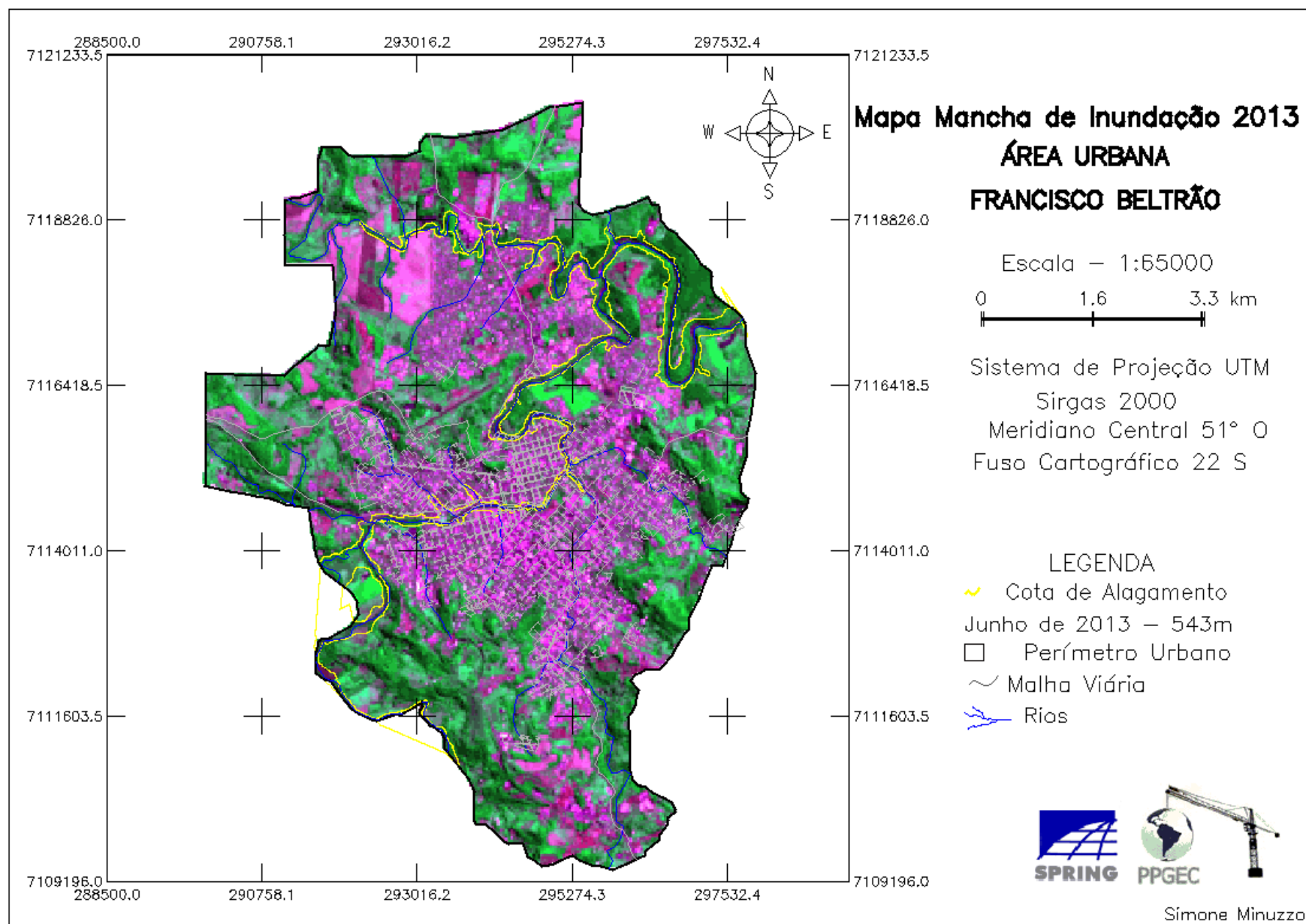


Figura 30: Mancha de Inundação 2013

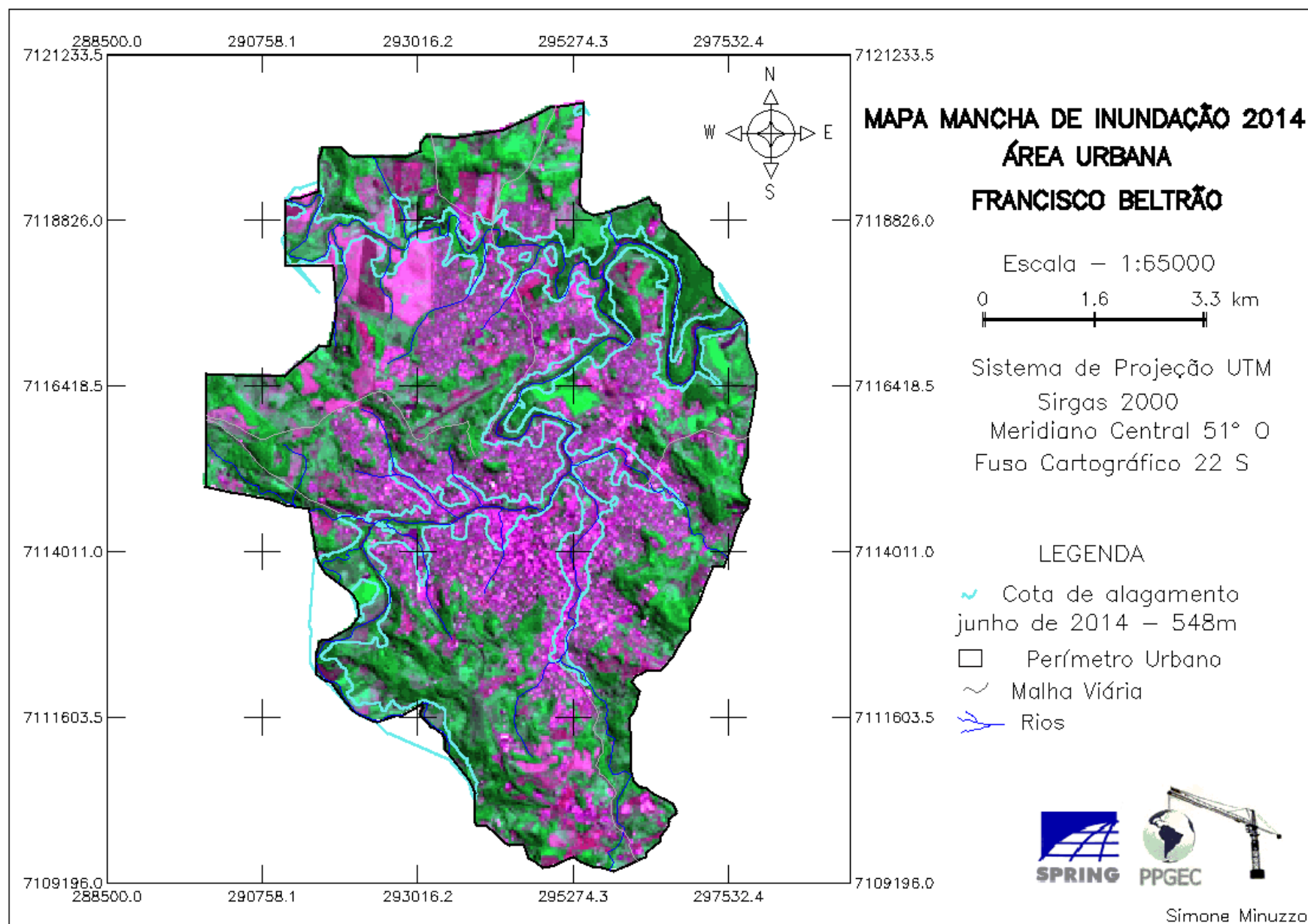


Figura 31: Mancha de Inundação 2014

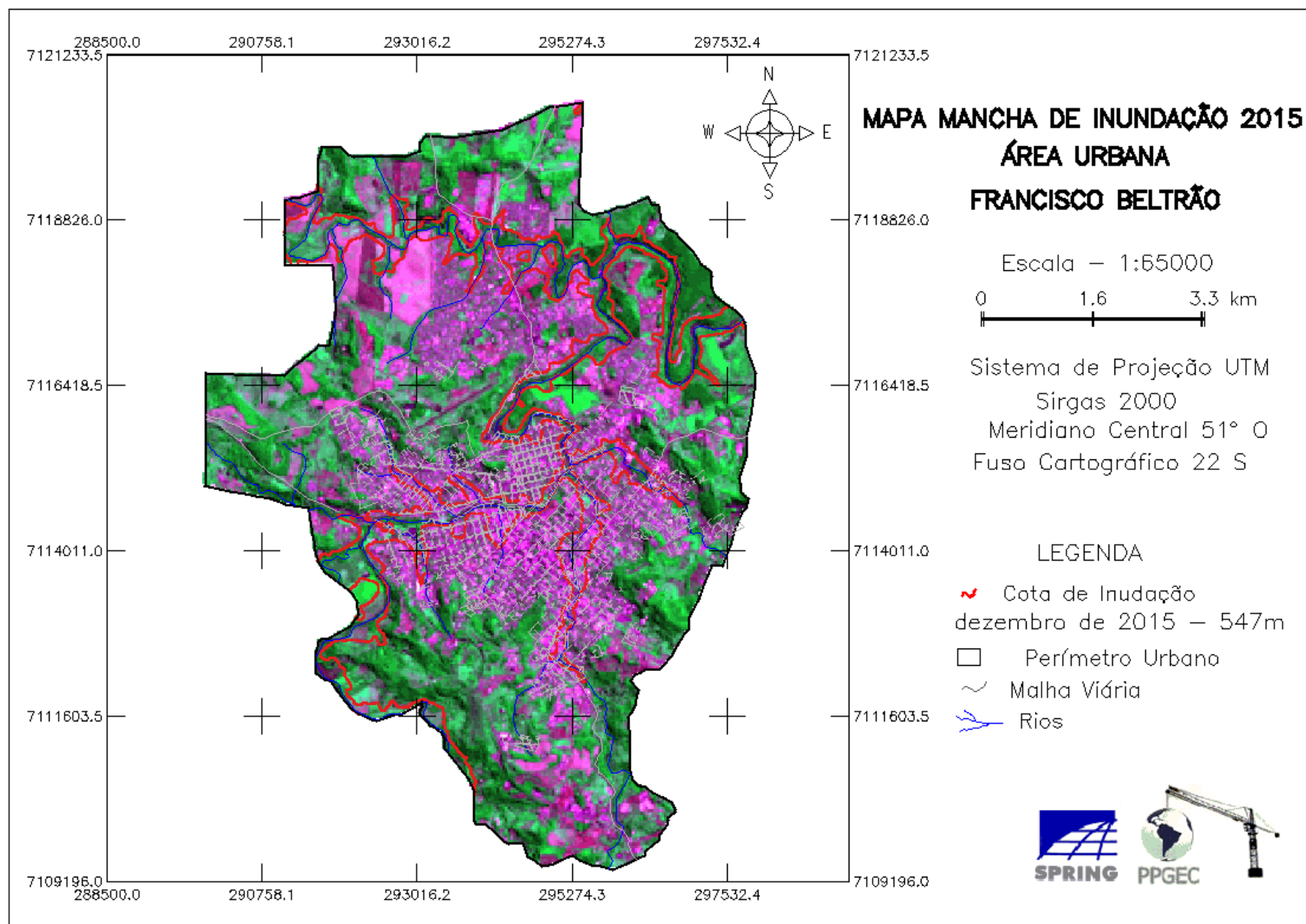


Figura 32: Mancha de Inundação 2015

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

É de fundamental importância que haja planejamento durante a ocupação territorial. O atendimento das necessidades de subsistência e moradia devem ocorrer concomitantemente com o planejamento da urbanização, de modo que os recursos naturais não sejam afetados e também que a população não se torne vítima de desastres naturais. Para tanto, é necessário ter o conhecimento dos fenômenos naturais que podem vir a ocorrer nas cercanias de onde se planeja projetar a mancha urbana, uma vez que a ocorrência de fenômenos naturais extremos fazem parte da geodinâmica do planeta. Cabe aos gestores e planejadores do meio público evitar que haja a intervenção da urbanização nos processos naturais e da mesma maneira evitar que os processos naturais intervenham na segurança urbana.

No entanto, procrastinar o planejamento urbano e a prevenção de situações de risco que podem ser causadas pelos processos naturais sobre o território urbano é um arquétipo da sociedade brasileira no passado e atual.

Antigamente, no momento em que iniciava-se o processo de urbanização era comum as primeiras ocupações serem locadas às margens de rios, devido aos terrenos serem planos e principalmente pelo fácil acesso à água. Como as inundações são eventos esporádicos, é comum as pessoas aceitarem esses eventos e continuarem a habitar esses locais de risco.

Atualmente, outra vertente comum à ocupação de áreas de risco é o intenso crescimento populacional das cidades que desencadeiam em uma larga procura por imóveis, tornando assídua a especulação imobiliária que elevam o preço dos terrenos em locais seguros e ainda faz com que aumentem o número de loteamentos, estes por sua vez sempre circundam a cidade, mesmo quando as áreas radiais para ampliação da mancha urbana são em locais que aumentam a vulnerabilidade da população no que tange aos desastres naturais.

Um processo comum da urbanização é a expansão de áreas impermeabilizadas que reduzem drasticamente as taxas de infiltração da água no solo desencadeando no aumento do escoamento superficial, elevando a vulnerabilidade das cidades ao risco de inundações.

As ocorrências de inundações em Francisco Beltrão, primordialmente, decorrem da falta de planejamento urbano desde as suas primeiras instalações, que iniciaram as margens do Rio Marrecas, seguindo por um processo de urbanização desordenado e intenso desde a década de 1950 e ainda nos dias atuais.

O espaço urbano deve ser gerido através de Planos Diretores, que contemplem minuciosamente o uso adequado do solo urbano e os mesmos devem integrar orientações a respeito da gestão da drenagem urbana com o zoneamento de uso e ocupação do solo. De modo que esses Planos Diretores se tornem ferramentas eficazes na fiscalização, viabilizando o crescimento sustentável e o aumento da qualidade de vida de seus habitantes.

Para minimizar os danos causados pelas inundações, o município, através de legislação, deve prever áreas de preservação ambiental, áreas verdes em locais estratégicos, faixas e pavimentos permeáveis, de modo a fazer o amortecimento da água da chuva. Deve existir a captação de água da chuva por parte dos moradores de modo que os mesmos implantem cisternas em suas residências para armazenamento de água. Assim como o município pode conduzir o escoamento superficial excedente a uma bacia de detenção, estrategicamente determinada, de modo a usar esta água posteriormente às inundações. Pode ainda fazer o controle das inundações de maneira localizada, construindo diques e estações de bombeamento.

De acordo com a classificação do solo do perímetro urbano de Francisco Beltrão, o material grosso do mesmo é areia bem graduada e o material fino, na maioria dos casos, é areia ou silte de baixa compressibilidade. A textura do solo caracterizou-se, em suma, como argilosa e muito argilosa.

O método utilizado para determinação da infiltração, no caso, os anéis concêntricos, não se mostraram muito eficientes, uma vez que as taxas de infiltração foram bruscamente extrapoladas. Porém é normal infiltrômetros de anéis superestimarem as taxas de infiltração em relação ao processo natural da chuva. Quando a chuva cai sobre o solo, o impacto causado sobre o mesmo provoca um selamento superficial que diminui as taxas de infiltração. O processo de infiltração nos anéis concêntricos também é aumentado devido à altura da lâmina de água, o que acaba aumentando a aceleração da infiltração devido a cargas piezométricas.

A densidade do solo foi o fator que demonstrou mais conexão com a infiltração, pois quanto maior a densidade do solo, menores as taxas de infiltração. Portanto mesmo quando as características granulométricas de um solo são favoráveis a viabilizar maiores taxas de infiltração, ela torna-se irrelevante mediante aos processos de uso que o mesmo é submetido, como a compactação devido a passagem de veículos, pedestres e construções.

Através do mapa de uso e ocupação do solo, pode-se concluir que a maior parte do território urbano, como é de se presumir, encontra-se impermeabilizada. Mesmo havendo um percentual significativo de vegetação, essas faixas verdes encontram-se mais no contorno do perímetro urbano, o que significa que à medida que a urbanização está aumentando, está

removendo a vegetação para abrir espaço para novos terrenos, estradas e calçadas. Através do mapa de uso e ocupação do solo ficam evidentes trechos e braços de rios sem mata ciliar alguma e onde se encontra mata ciliar, a mesma é demasiadamente estreita nas planícies de inundação. A remoção da mata ciliar cedeu espaço para estradas, comércios e moradias, entre outros.

De acordo com cruzamentos de informações do uso e ocupação de solo com informações a respeito da hipsometria, observa-se que a maior porcentagem de área construída encontra-se entre as cotas de elevação 550 e 570m, que corresponde a 44,88% da área urbana. Sendo que uma parcela significativa de área construída, correspondente a 18,75%, encontra-se em área de risco de inundação entre as cotas 530 m e 550m. Esta área de risco fica evidente a partir do mapa da mancha de inundação de 2014, quando a cota de inundação chegou a 548m.

De acordo com cruzamentos de informações entre o mapa de declividade e as áreas construídas, constata-se que a maior parte da área urbana, 49,09%, ocupa áreas de declividades moderadas entre 8 e 20%. Uma parcela significativa, 12,02 %, das áreas construídas do território, ocupam áreas com declividade acentuada, variando entre 20 e 45%.

De acordo com os mapas das manchas de inundação traçados, é possível definir como áreas de risco locais até a cota 548m, porém essas cotas foram determinadas através de fotografias tiradas em um momento da inundação em que a mesma já poderia ter baixado de nível alguns metros. A defesa civil do município de Francisco Beltrão deve ficar atenta a eventos futuros e registrar o alcance máximo de cada uma das enchentes que vierem a ocorrer.

Fazendo o cruzamento de informações dos mapas das manchas de inundação com os mapas de declividade, atesta-se o óbvio, que as áreas de menor declividade 0 e 3%, são as mais afetadas pelas inundações, totalizando até 53,58% das áreas inundadas, porém áreas com declividades entre 3 e 45% também são significativamente atingidas.

O SIG e os métodos utilizados mostraram-se ferramentas muito eficientes para a caracterização do perímetro urbano do município, pois possibilitou a espacialização de informações sobre o solo e sobre o relevo da mesma. Estes mapas temáticos gerados fornecem características do território urbano de suma importância para fazer a análise do espaço, viabilizando tomadas de decisões por parte de comissões responsáveis pelo planejamento urbano de Francisco Beltrão.

6.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Para melhores resultados de pesquisas futuras, seria importante que o Município de Francisco Beltrão atualize o levantamento topográfico, pelo menos no perímetro urbano. Este levantamento topográfico deve fornecer as curvas de nível de 1 em 1 metro.

Seria importante ampliar a caracterização do perímetro urbano para uma sub-bacia na qual o mesmo está inserido. O ideal seria para a bacia inteira, mas para tanto seria necessário a criação de um grupo de pesquisa com profissionais de diversas áreas como geógrafos, geólogos, engenheiros civis e ambientais, entre outros, pois a bacia é demasiadamente grande, necessitando de muitas pessoas trabalhando em prol de um mesmo objetivo, que seria mitigar os efeitos causados pelos impactos ambientais sobre Francisco Beltrão e as demais cidades inseridas na bacia, assim como mitigar os efeitos antrópicos sobre a mesma.

Um grupo de pesquisadores das diversas universidades da região poderiam traçar uma malha sobre a bacia, determinando pontos de coletas de solo e fazer todos os ensaios de caracterização da mecânica dos solos. No que tange as inundações, ensaios para determinar a condutividade hidráulica e a porosidade do solo seriam tão ou mais importantes que os ensaios de infiltração.

Poder-se-ia fazer o levantamento da capacidade de armazenamento de água do solo, de modo a obter o escoamento superficial para determinação dos picos de vazões que desencadeiam as cheias para que se possa estudar o comportamento das mesmas. Com tais dados em mãos, pode-se, através de diversos SIGs, fazer a espacialização dos resultados, através de mapas temáticos. Os SIGs oferecem ferramentas que podem ser aplicadas para facilitar a tomada de decisão. Desta maneira poderão ser determinadas as corretas medidas a serem tomadas para fazer a o controle das inundações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostra de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liquidez – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Grão de Solo que Passam na Peneira 4,8mm – Determinação da Massa Específica – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ANDRES, Juliano et al. **Risco de Enchentes e Lógica fuzzy no planejamento da Expansão Urbana na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lonqueador (SW/PR)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013.p.4579 - 4585. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0178.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

ANDRES, Juliano; CANEPARO, Sony Cortese; HENDGES, Elvis Rabuske. **Riscos de Inundação na Cidade de Francisco Beltrão (PR) por meio de Combinação Linear Ponderada Difusa**. In: Anais SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. 2015, João Pessoa-PB, Brasil. João Pessoa-PB: Tecart Editora Ltda, 2015.p.5034 - 5041. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0989.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

BIGUELINI, Cristina Poll; FREISLEBEN, Alcimar Paulo. Alterações da Paisagem Urbana em Francisco Beltrão/ PR e Suas Consequências Sócio – Ambientais. **Geoingá: Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia**, Maringá, v.2, n.2, p.74-101, 2010. Disponível em < <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/view/16394/9535>> Acesso em: 14 dez. 2015

BRANDÃO, Viviane dos Santos et al. **Infiltração da Água no Solo**. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2006. 120 p.

BUENO, B.S.; VILAR, O.M., **Mecânica dos Solos**. VOL I, São Carlos 1984.

CÂMARA, Gilberto et al, **Geoprocessamento Para Projetos Ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais>>. Acesso em 19 out. 2016

CÂMARA, Gilberto et al. **SPRING: Integrating Remote Sensing and Gis BY Objectoriented Data Modelling**. National Institute For Space Research (INPE), Brasil, p.0-17, maio 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/spring.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 2ª Ed. Volume 1, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro 2002.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 2ª Ed. Volume 2, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro 2002.

CARVALHO, Celso Santos; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Ipt, 2007. 176 p. Disponível em:
<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2016.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. 2006. Disponível em:
<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2016

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Segurança Global da População**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2007. 65 p. Disponível em:
<http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=618ce54d-5e77-4aa5-a606-9ffa6f47038a&groupId=10157>. Acesso em: 08 mar. 2016.

CORDERO, Ademar; MEDEIROS, Péricles Alves; TERAN, Albanella Leon. **Medidas de Controle de Cheias E Erosões**. 1999. Disponível em:<http://ceops.furb.br/index.php/publicacoes/artigos/doc_details/5-metodos-controle-cheias-1999>. Acesso em: 20 set. 2016.

COSTA, Húrbio Rodrigues de Oliveira; MIYAZAKI, Leda Correia Pedro. Análise Preliminar dos Dados Pluviométricos E Caracterização das Áreas de Risco à Enchente, Inundação e Alagamento na Cidade de Capinópolis/MG. **Boletim de Geografia**, [s.l.], v. 33, n. 3, p.46-67, 24 mar. 2016. Universidade Estadual de Maringá.
<http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v33i3.23760>. Disponível em:
<http://ojs.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/23760/pdf_71>. Acesso em: 18 set. 2016.

CRUZ, Marcus A. S.; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos E.M. **Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e Mecanismos para sua Sustentabilidade**. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. 2007.p.1-18. Disponível em:
<http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/931f07c4c229bbc1b9c1603fa24b7e12_6826f37881689d99197aef832b946486.pdf>. Acesso em: 19 set. 2016.

DAS, B. M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 7ª Ed. Editora Cengage Learning, São Paulo, 2011.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds). Análise **Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

FIORI, A. P; CARMIGNANI, L. Fundamentos da Mecânica dos Solos e das Rochas, Aplicação na Estabilidade de Taludes. 2ª ED. Ver. E ampl. Curitiba; Ed. UFPR, 2009. 604P.

FRANCISCO BELTRÃO (Município). Constituição (2007). Lei nº 3372/2007, de 13 de julho de 2007. **Parcelamento do Solo Urbano do Município de Francisco Beltrão.**

Francisco Beltrão, PR, Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/3372-2007.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

FRANCISCO BELTRÃO (Município). Constituição (2007). Lei nº 3360/2007, de 25 de junho de 2007. **Código Ambiental.** Francisco Beltrão, PR, 25 jun. 2007. p. 01-15. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/meioambiente.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

FRANCISCO BELTRÃO (Município). Constituição (2007). Lei nº 3384/2007, de 28 de agosto de 2007. **Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo Urbano.** Francisco Beltrão, PR, 25 jun. 2007. p. 01-49. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/3384-2007.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1988.

GRIBBIN, John E.. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** São Paulo: Cengage Learning, 2014. 526 p.

GRIEBELER, N. P. et al. Avaliação de um Modelo Para a Estimativa da Lâmina Máxima de Escoamento Superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Si, v. 25, p.411-417, jan. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n2/17.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná.** 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 10 set. 2016.

IBGE. **Cidades-Paraná-Enéas Marques.** 2013. Disponível em: <<https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/JK/artigos/Brasilia/ConquistaOeste>>. Acesso em: 13 mar. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Francisco Beltrão. 2010.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 out. 2016.

KARASHIMA, Kazuki; OHGAI, Akira; SAITO, Yui. A GIS-based Support Tool for Exploring Land Use Policy Considering Future Depopulation and Urban Vulnerability to Natural Disasters – A Case Study of Toyohashi City, Japan. **Procedia Environmental Sciences.** Japão, p. 148-155. nov. 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029614001625>>. Acesso em: 04 jan. 2017

MARCELINO, Emerson Vieira. **DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS: CONCEITOS BÁSICOS.** São José dos Campos: Inpe, 2008. 40 p. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

MINEROPAR, Minerais do Paraná S.A. **Projeto Riquezas Minerais: Avaliação do Potencial Mineral e Consultoria Técnica no Município de Francisco Beltrão.** 2002. Disponível em: <<http://http://www.mineropar.pr.gov.br/>>. Acesso em: 21 out. 2016.

MINEROPAR; UFPR. Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Curitiba. 2006. 63p. Disponível em: <

MINEROPAR; UFPR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba: A, 2006. 63 p. Disponível em: < <http://www.mineropar.pr.gov.br/> >. Acesso em: 20 out. 2016.

MOTA, S. Urbanização e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

Município de Francisco Beltrão. **O município: História**. S/D. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/historia/>>. Acesso em: 13 mar. 2016

Município de Francisco Beltrão. **Beltrão decreta novamente estado de emergência; veja fotos da enchente**. 2014. Disponível em: <http://franciscobeltrao.pr.gov.br/defesa-civil/beltrao-decreta-novamente-estado-de-emergencia-veja-fotos-da-enchente/>. Acesso em: 28/10/2016

Município de Francisco Beltrão. **Localizacao de Francisco Beltrao no Parana**. S/D. Disponível em: <<http://franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads> >

NUNES, Fabrizia Gioppo. **A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS VAZÕES DE PICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ATUBA**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NIKONOROV, Aleksandr et al. Use of GIS-environment under the analysis of the managerial solutions for flood events protection measures. **Procedia Engineering**. St. Petersburg, Rússia, p. 1731-1740. set. 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816342771>>. Acesso em: 03 jan. 2017

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia Aplicada**. 2004. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpez/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

PEREIRA, Josy Smara; HENDGES, Elvis; MARION, Fabiano. **Caracterização Morfométrica E Alteração nos Padrões de Uso E Ocupação da Terra na Microbacia do Arroio Industrial, no Município de Francisco Beltrão-PR, BR**. **Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 14, p.76-81, out. 2014.

OZKAN, Sevim Pelin; TARHA, Cigdem. Detection of Flood Hazard in Urban Areas Using GIS: Izmir Case. **Procedia Technology**. Turgu Mures, p. 373-381. out. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221201731600027X>>. Acesso em: 03 jan. 2017

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 363 p.

PINTO, Nelson L. de Sousa et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976. 278 p

PRAWIRANEGARA, Mirwansyah. **Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) For Basin Wide Flood Risk Assesment As A Tool In Improving Spatial Olanning And Urban Resilience Policy Making: A Case Study Of Marikina River Basin, Metro Manila-Philippines**. 2014. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814042475>>. Acesso em: 23 jun. 2016

PRUSKI, Fernando Falco; BRANDÃO, Viviane dos Santos; SILVA, Demetriusdavid da. **Escoamento Superficial**. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2004. 87 p.

Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos-cnrh**. Brasília, BRASIL: Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Disponível em: <[file:///C:/Users/simin/Downloads/resolucao_32-- \(1\).pdf](file:///C:/Users/simin/Downloads/resolucao_32--%20(1).pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2016

SANTOS, Raphael David dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Folha de Viçosa Ltda, 2005. 100 p.

SIMÕES, Jorge Gabriel Gomes et al. ANÁLISE DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES NA AV. CRISTIANO MACHADO, BELO HORIZONTE, MG. **Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 2, p.867-880, jul. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Raoni_Zanovello2/publication/260518240_Analise_de_Enchente_e_Inundao_na_Av._Cristiano_Machado_-_Belo_Horizonte/links/0c9605317e75e675fe000000.pdf>. Acesso em: 18 set. 2016.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. 196 p.

TUCCI, Carlos E. M.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Abrh, 2001. 4 v.

TUCCI, Carlos E. M.; CLARKE, Robin T.. IMPACTO DAS MUDANÇAS DA COBERTURA VEGETAL NO ESCOAMENTO: REVISÃO. **Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, v. 2, n. 1, p.135-152, jan. 1997.

TUCCI, Carlos E. M.. **TEXTOS PARA DISCUSSÃO CEPAL • IPEA: Gestão da Drenagem Urbana**. 48. ed. Brasília: Cepal-IPEA, 2012. 50 f.

UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Geneva: United Nations International, 2009. 35 p. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2015.

APÊNDICE A - DADOS ENSAIO DE INFILTRAÇÃO

PONTO 1 RIO TUNA

Dados Infiltração Rio Tuna							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	0,3	0,02	180,00	0,0000	-0,5229	0,0000	0,0000
2	1,1	0,03	330,00	0,3010	0,0414	0,0906	0,0125
3	1,6	0,05	320,00	0,4771	0,2041	0,2276	0,0974
4	2,2	0,07	330,00	0,6021	0,3424	0,3625	0,2062
5	2,7	0,08	324,00	0,6990	0,4314	0,4886	0,3015
10	4,95	0,17	297,00	1,0000	0,6946	1,0000	0,6946
15	6,9	0,25	276,00	1,1761	0,8388	1,3832	0,9866
20	8,6	0,33	258,00	1,3010	0,9345	1,6927	1,2158
25	10,2	0,42	244,80	1,3979	1,0086	1,9542	1,4100
30	11,6	0,50	232,00	1,4771	1,0645	2,1819	1,5723
35	12,29	0,58	210,69	1,5441	1,0896	2,3841	1,6823
40	13,24	0,67	198,60	1,6021	1,1219	2,5666	1,7973
45	14,2	0,75	189,33	1,6532	1,1523	2,7331	1,9050
50	14,9	0,83	178,80	1,6990	1,1732	2,8865	1,9932
55	15,8	0,92	172,36	1,7404	1,1987	3,0289	2,0861
60	16,5	1,00	165,00	1,7782	1,2175	3,1618	2,1649
65	17,05	1,08	157,38	1,8129	1,2317	3,2867	2,2330
70	17,7	1,17	151,71	1,8451	1,2480	3,4044	2,3026
75	18,3	1,25	146,40	1,8751	1,2625	3,5159	2,3672
80	18,9	1,33	141,75	1,9031	1,2765	3,6218	2,4292
				25,88	17,01	39,97	27,46

m	A	B	K	a
20	-0,2384	0,841322	0,5775	0,841322

Forma Final da equação de Infiltração:

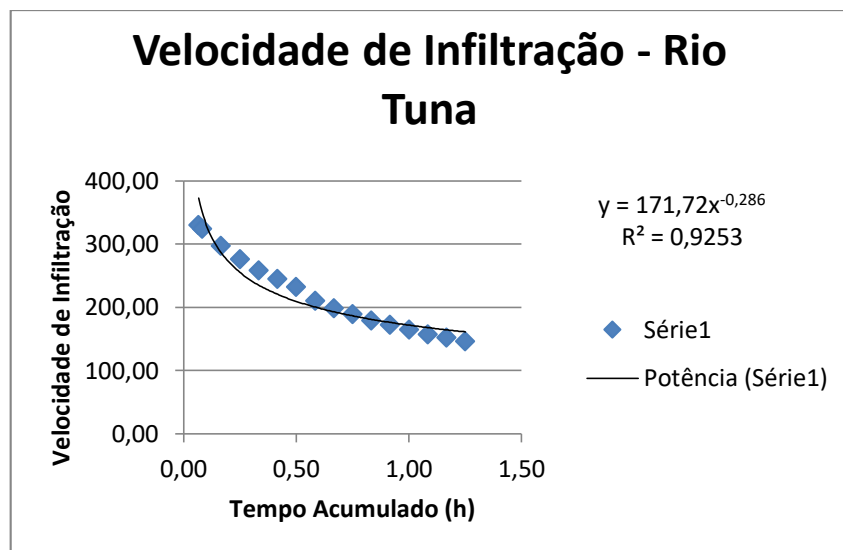
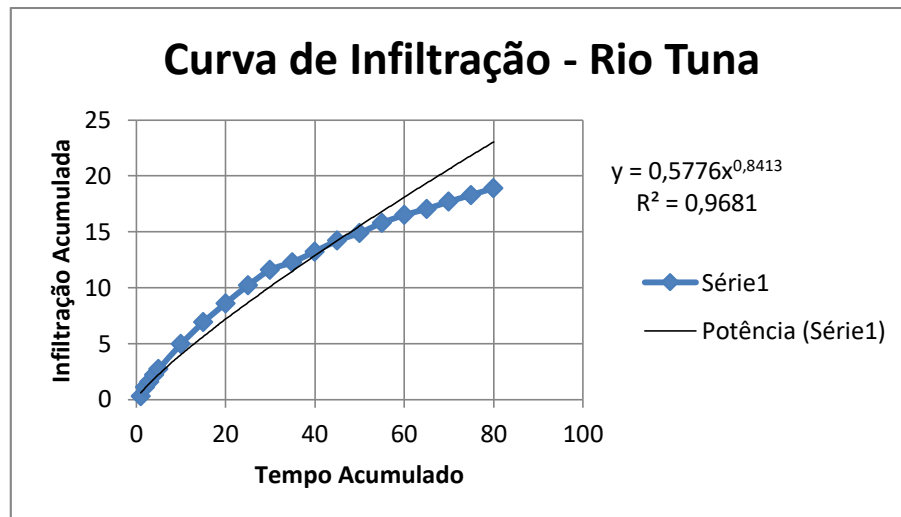
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,5775 \cdot T^{0,841322}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,2384 \cdot T^{-0,15868}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,5775 \cdot T^{-0,15868}$$



PONTO 2 JÚPITER

Dados Infiltração Júpiter							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
0	1,3	0,00	0,00	0	0,113943	0	0
1	2,8	0,02	1680,00	0	0,447158	0	0
2	4,34	0,03	1302,00	0,301029996	0,63749	0,090619	0,191904
3	5,5	0,05	1100,00	0,477121255	0,740363	0,227645	0,353243
4	6,4	0,07	960,00	0,602059991	0,80618	0,362476	0,485369
5	7,3	0,08	876,00	0,698970004	0,863323	0,488559	0,603437
10	11,25	0,17	675,00	1	1,051153	1	1,051153
15	14,15	0,25	566,00	1,176091259	1,150756	1,383191	1,353395
20	17,87	0,33	536,10	1,301029996	1,252125	1,692679	1,629052
25	21,01	0,42	504,24	1,397940009	1,322426	1,954236	1,848672
30	23,45	0,50	469,00	1,477121255	1,370143	2,181887	2,023867
35	25,25	0,58	432,86	1,544068044	1,402261	2,384146	2,165187
40	27,25	0,67	408,75	1,602059991	1,435367	2,566596	2,299543
45	29,05	0,75	387,33	1,653212514	1,463146	2,733112	2,418892
50	30,62	0,83	367,44	1,698970004	1,486005	2,886499	2,524678
55	32	0,92	349,09	1,740362689	1,50515	3,028862	2,619507
60	33,12	1,00	331,20	1,77815125	1,52009	3,161822	2,702951
65	34,35	1,08	317,08	1,812913357	1,535927	3,286655	2,784502
70	35,15	1,17	301,29	1,84509804	1,545925	3,404387	2,852384
75	36,02	1,25	288,16	1,875061263	1,556544	3,515855	2,918615
80	36,62	1,33	274,65	1,903089987	1,563718	3,621751	2,975897
				25,8843509	24,76919	39,97098	35,80224

m	A	B	K	a
21	0,373875	0,653593	2,3652	0,653593

Forma Final da equação de Infiltração:

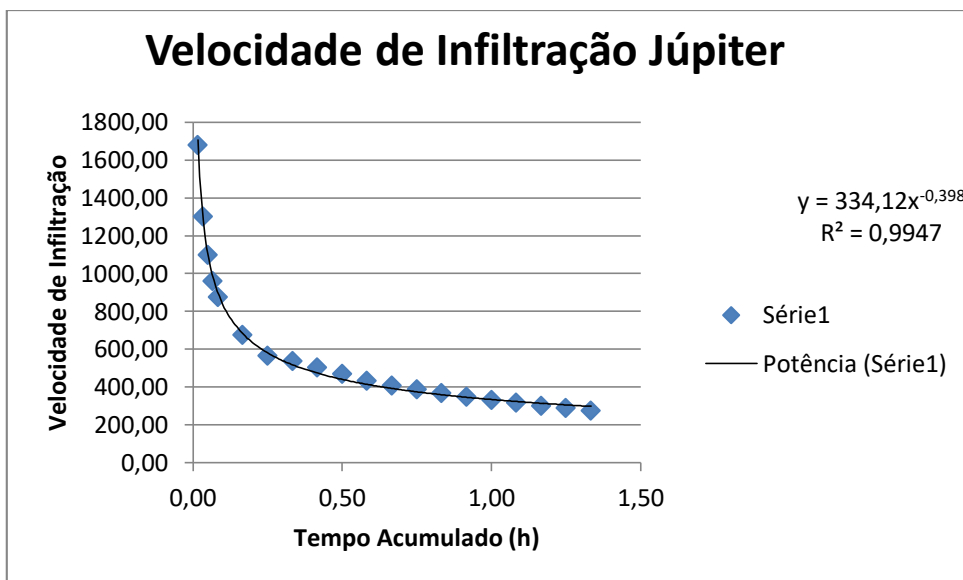
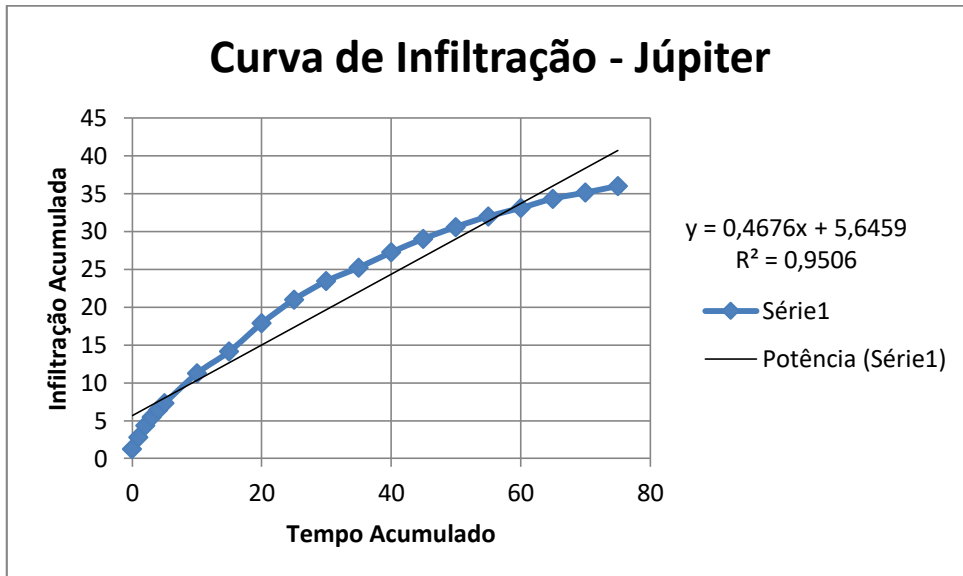
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 2,3652 \cdot T^{0,653593}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,373875 \cdot T^{-0,34641}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 2,3652 \cdot T^{-0,34641}$$



PONTO 3 FRIGOBEL

Dados Infiltração Frigobel							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	0,1	0,02	60,00	0	-1	0	0
2	0,34	0,03	102,00	0,301029996	-0,46852	0,090619	-0,14104
3	0,6	0,05	120,00	0,477121255	-0,22185	0,227645	-0,10585
4	0,87	0,07	130,50	0,602059991	-0,06048	0,362476	-0,03641
5	1,07	0,08	128,40	0,698970004	0,029384	0,488559	0,020538
10	2,231	0,17	133,86	1	0,3485	1	0,3485
15	3,13	0,25	125,20	1,176091259	0,495544	1,383191	0,582805
20	4	0,33	120,00	1,301029996	0,60206	1,692679	0,783298
25	4,58	0,42	109,92	1,397940009	0,660865	1,954236	0,92385
30	5,4	0,50	108,00	1,477121255	0,732394	2,181887	1,081834
35	6,24	0,58	106,97	1,544068044	0,795185	2,384146	1,227819
40	6,85	0,67	102,75	1,602059991	0,835691	2,566596	1,338826
45	7,28	0,75	97,07	1,653212514	0,862131	2,733112	1,425286
50	7,88	0,83	94,56	1,698970004	0,896526	2,886499	1,523171
55	8,26	0,92	90,11	1,740362689	0,91698	3,028862	1,595878
60	8,82	1,00	88,20	1,77815125	0,945469	3,161822	1,681186
65	9,08	1,08	83,82	1,812913357	0,958086	3,286655	1,736927
70	9,67	1,17	82,89	1,84509804	0,985426	3,404387	1,818208
75	10	1,25	80,00	1,875061263	1	3,515855	1,875061
		10,17		23,98126092	9,31339	36,34923	17,67989

m	A	B	K	a
19	-0,73962	0,974351	0,1821	0,974351

Forma Final da equação de Infiltração:

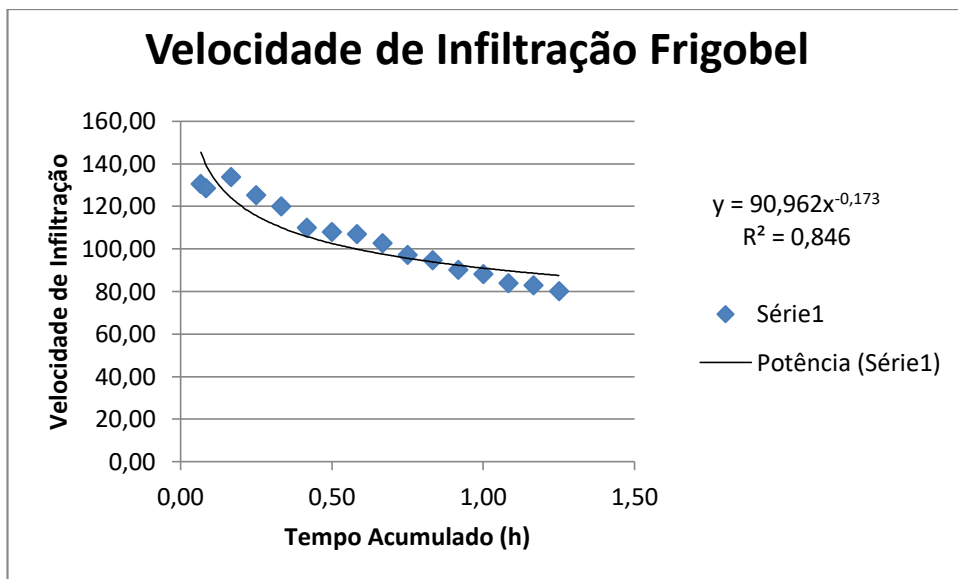
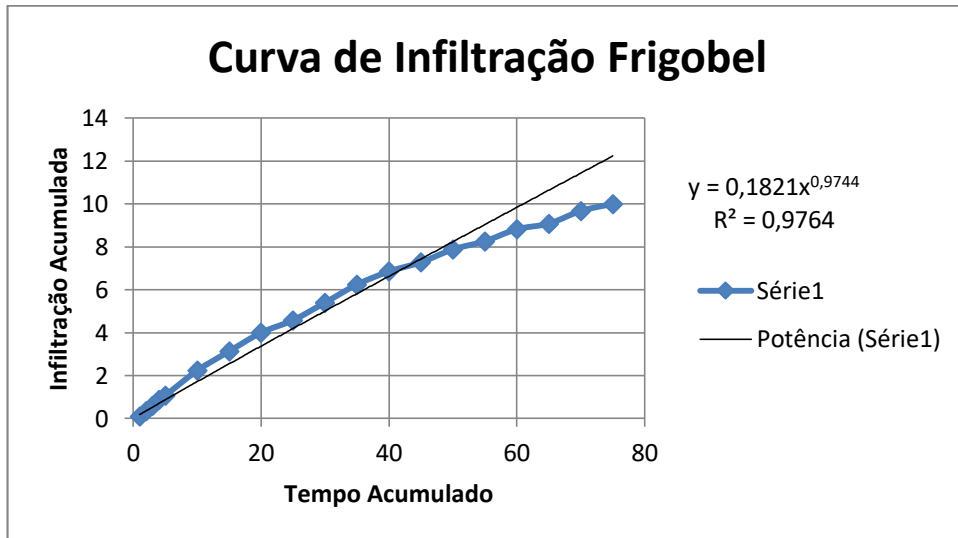
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,1821 \cdot T^{0,974351}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,73962 \cdot T^{-0,02565}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,1821 \cdot T^{-0,02565}$$



PONTO 4 BOM PASTOR

Dados Infiltração Bom Pastor							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	1,36	0,02	816,00	0	0,1335389	0	0
2	3,08	0,03	924,00	0,301029996	0,4885507	0,090619	0,147068
3	4,41	0,05	882,00	0,477121255	0,6444386	0,227645	0,307475
4	5,6	0,07	840,00	0,602059991	0,748188	0,362476	0,450454
5	6,87	0,08	824,40	0,698970004	0,8369567	0,488559	0,585008
8	10,52	0,13	789,00	0,903089987	1,0220157	0,815572	0,922972
13	11,97	0,22	552,46	1,113943352	1,0780942	1,24087	1,200936
18	13,81	0,30	460,33	1,255272505	1,1401937	1,575709	1,431254
23	15,42	0,38	402,26	1,361727836	1,1880844	1,854303	1,617848
28	17,05	0,47	365,36	1,447158031	1,2317244	2,094266	1,7825
33	18,42	0,55	334,91	1,51851394	1,2652896	2,305885	1,92136
38	19,72	0,63	311,37	1,579783597	1,2949069	2,495716	2,045673
43	21,02	0,72	293,30	1,633468456	1,3226327	2,668219	2,160479
				12,89213895	12,394615	16,21984	14,57303

m	A	B	K	a
13	0,294759	0,664184	1,9713	0,664184

Forma Final da equação de Infiltração:

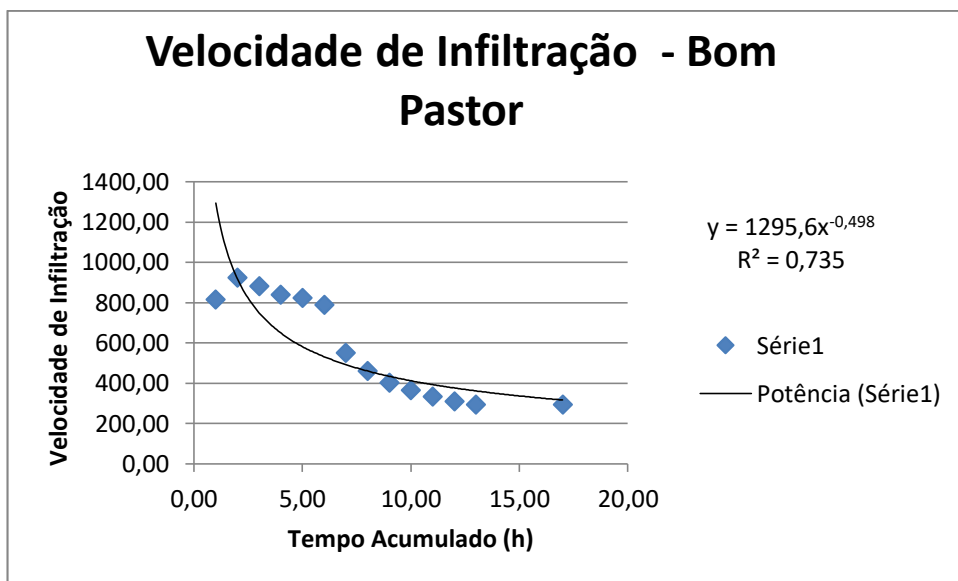
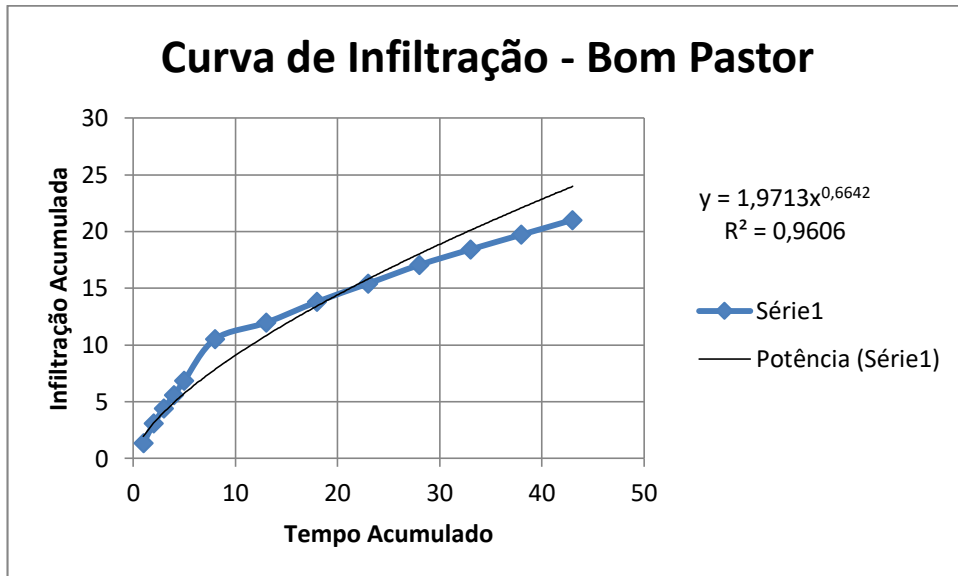
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 1,9713 \cdot T^{0,664184}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,294759 \cdot T^{-0,33582}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 1,9713 \cdot T^{-0,33582}$$



PONTO 5 SÃO FRANCISCO

Dados Infiltração São Francisco							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	0	0,02	0,00	0	0	0	0
2	0,2	0,03	60,00	0,301029996	-0,69897	0,090619	-0,21041
3	0,6	0,05	120,00	0,477121255	-0,221849	0,227645	-0,10585
4	0,8	0,07	120,00	0,602059991	-0,09691	0,362476	-0,05835
5	1,1	0,08	132,00	0,698970004	0,0413927	0,488559	0,028932
10	1,4	0,17	84,00	1	0,146128	1	0,146128
15	3,42	0,25	136,80	1,176091259	0,5340261	1,383191	0,628063
20	4,36	0,33	130,80	1,301029996	0,6394865	1,692679	0,831991
25	5,57	0,42	133,68	1,397940009	0,7458552	1,954236	1,042661
30	5,94	0,50	118,80	1,477121255	0,7737864	2,181887	1,142976
35	6,78	0,58	116,23	1,544068044	0,8312297	2,384146	1,283475
40	7,73	0,67	115,95	1,602059991	0,8881795	2,566596	1,422917
45	8,4	0,75	112,00	1,653212514	0,9242793	2,733112	1,52803
50	9,05	0,83	108,60	1,698970004	0,9566486	2,886499	1,625317
55	9,69	0,92	105,71	1,740362689	0,9863238	3,028862	1,716561
60	10,37	1,00	103,70	1,77815125	1,0157788	3,161822	1,806208
65	11,02	1,08	101,72	1,812913357	1,0421816	3,286655	1,889385
70	11,65	1,17	99,86	1,84509804	1,0663259	3,404387	1,967476
75	12,3	1,25	98,40	1,875061263	1,0899051	3,515855	2,043639
				23,98126092	10,663798	36,34923	18,72916

m	A	B	K	a
19	-0,53255	0,866604	0,2933	0,866604

Forma Final da equação de Infiltração:

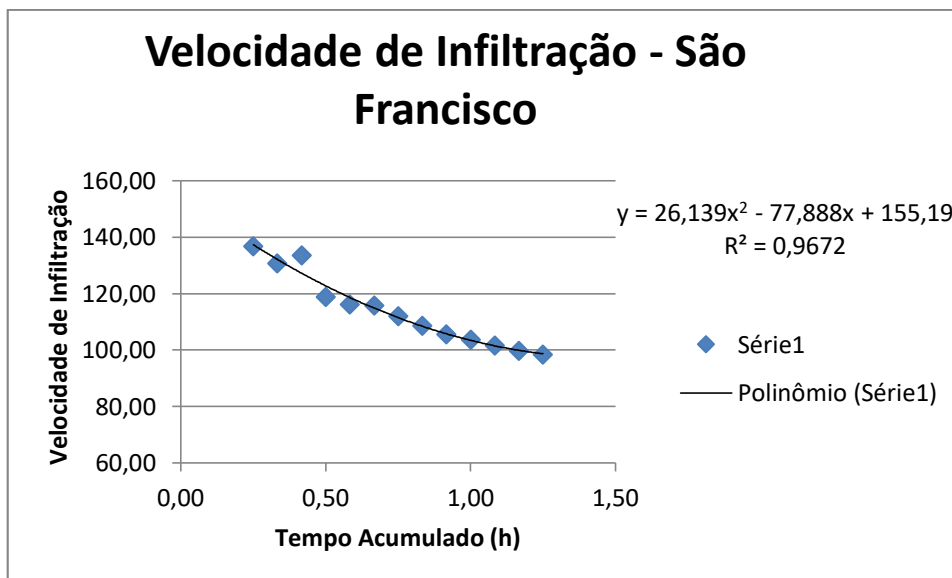
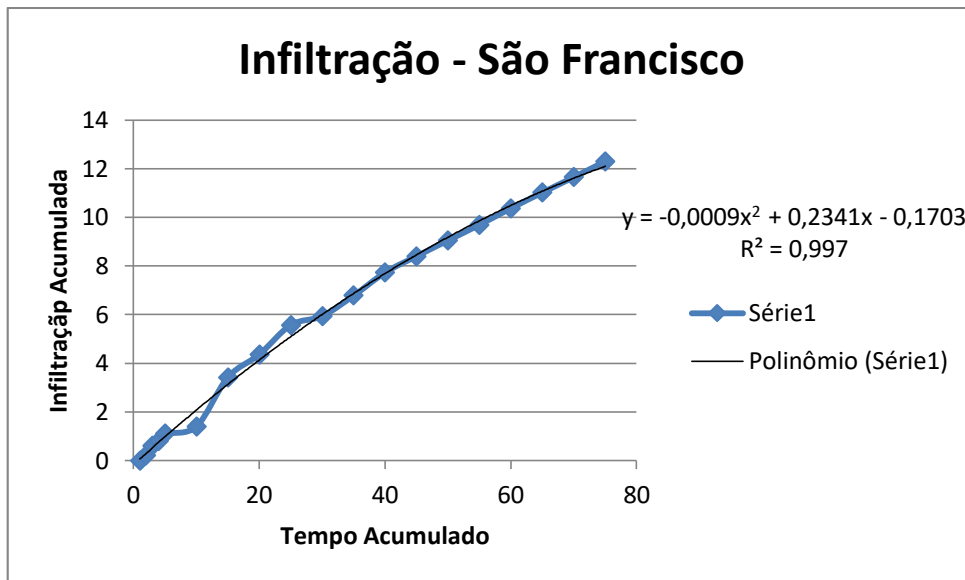
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,2933 \cdot T^{0,866604}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,53255 \cdot T^{-0,1334}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,2933 \cdot T^{-0,1334}$$



PONTO 6 QUARTEL

Dados Infiltração Quartel							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	1,8	0,02	1080,00	0	0,25527251	0	0
2	3,46	0,03	1038,00	0,301029996	0,5390761	0,0906191	0,1622781
3	4,83	0,05	966,00	0,477121255	0,68394713	0,2276447	0,3263257
4	6,13	0,07	919,50	0,602059991	0,78746047	0,3624762	0,4740984
5	7,11	0,08	853,20	0,698970004	0,8518696	0,4885591	0,5954313
10	11,78	0,17	706,80	1	1,07114529	1	1,0711453
11	12,68	0,18	691,64	1,041392685	1,10311925	1,0844987	1,1487803
12	13,88	0,20	694,00	1,079181246	1,14238947	1,1646322	1,2328453
13	14,85	0,22	685,38	1,113943352	1,17172645	1,2408698	1,3052369
14	15,69	0,23	672,43	1,146128036	1,19562294	1,3136095	1,370337
15	16,65	0,25	666,00	1,176091259	1,22141424	1,3831906	1,4364946
16	17,48	0,27	655,50	1,204119983	1,24254143	1,4499049	1,496169
17	18,47	0,28	651,88	1,230448921	1,2664669	1,5140045	1,5583228
18	19,03	0,30	634,33	1,255272505	1,27943879	1,5757091	1,6060443
19	19,94	0,32	629,68	1,278753601	1,29972515	1,6352108	1,6620282
20	20,62	0,33	618,60	1,301029996	1,31428866	1,692679	1,709929
21	21,37	0,35	610,57	1,322219295	1,32980452	1,7482639	1,7582932
22	22,14	0,37	603,82	1,342422681	1,34517762	1,8020987	1,8057969
23	22,6	0,38	589,57	1,361727836	1,35410844	1,8543027	1,8439272
24	23,38	0,40	584,50	1,380211242	1,36884451	1,9049831	1,8892946
25	23,94	0,42	574,56	1,397940009	1,37912415	1,9542363	1,9279328
26	24,65	0,43	568,85	1,414973348	1,39181692	2,0021496	1,9693839
27	24,79	0,45	550,89	1,431363764	1,39427653	2,0488022	1,9957169
28	25,27	0,47	541,50	1,447158031	1,40260524	2,0942664	2,0297914
29	25,57	0,48	529,03	1,462397998	1,40773073	2,1386079	2,0586626
30	25,88	0,50	517,60	1,477121255	1,41296427	2,1818872	2,0871196
31	26,29	0,52	508,84	1,491361694	1,41979059	2,2241597	2,1174213
32	26,75	0,53	501,56	1,505149978	1,42732379	2,2654765	2,1483364
33	26,97	0,55	490,36	1,51851394	1,43088095	2,3058846	2,1728127
34	27,37	0,57	483,00	1,531478917	1,4372748	2,3454277	2,2011561
35	27,82	0,58	476,91	1,544068044	1,44435713	2,3841461	2,2301857
36	28,05	0,60	467,50	1,556302501	1,44793287	2,4220775	2,2534215
37	28,39	0,62	460,38	1,568201724	1,45316539	2,4592566	2,2788565
38	28,65	0,63	452,37	1,579783597	1,45712463	2,4957162	2,3019416
39	29,11	0,65	447,85	1,591064607	1,46404221	2,5314866	2,3293857
40	29,3	0,67	439,50	1,602059991	1,46686762	2,5665962	2,3500099
41	29,55	0,68	432,44	1,612783857	1,47055749	2,6010718	2,3716914
42	29,77	0,70	425,29	1,62324929	1,47377883	2,6349383	2,3923104
43	30,09	0,72	419,86	1,633468456	1,47842219	2,6682192	2,414956
44	30,34	0,73	413,73	1,643452676	1,48201558	2,7009367	2,4356225
45	30,65	0,75	408,67	1,653212514	1,48643048	2,7331116	2,4573855
46	30,88	0,77	402,78	1,662757832	1,48967729	2,7647636	2,4769726
51	32,13	0,85	378,00	1,707570176	1,50691073	2,9157959	2,5731558
56	33,42	0,93	358,07	1,748188027	1,52400645	3,0561614	2,6642498
61	34,45	1,02	338,85	1,785329835	1,53718923	3,1874026	2,7443898
66	35,53	1,10	323,00	1,819543936	1,55059521	3,3107401	2,8213761

m	A	B	K	a
46	0,368038	0,696838	2,333	0,696838

Forma Final da equação de Infiltração:

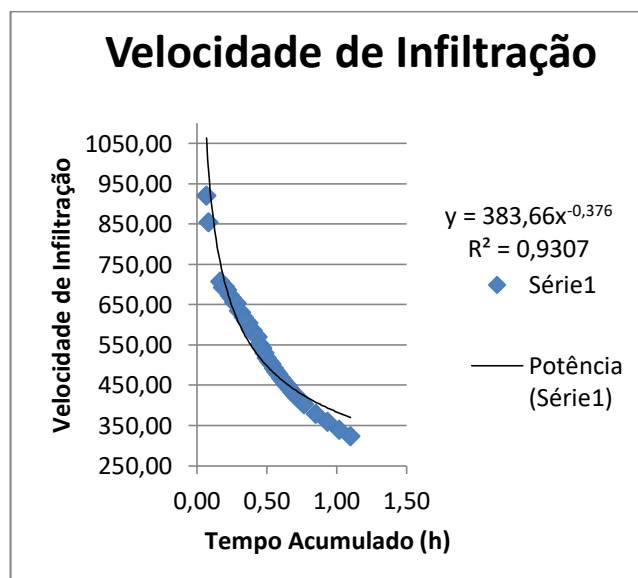
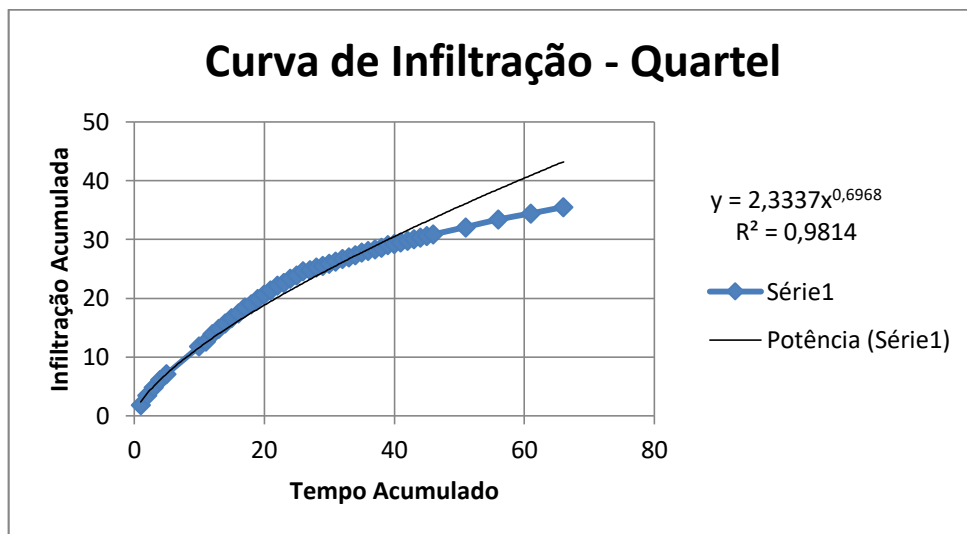
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 2,333 \cdot T^{0,696838}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,368038 \cdot T^{-0,30316}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 2,333 \cdot T^{-0,30316}$$



PONTO 7 BICA

Dados Infiltração Bica							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	2,49	0,02	149,40	0	0,396199347	0	0
2	4,1	0,03	1230,00	0,301029996	0,612783857	0,090619	0,184466
3	5,6	0,05	1120,00	0,477121255	0,748188027	0,227645	0,356976
4	6,8	0,07	1020,00	0,602059991	0,832508913	0,362476	0,50122
5	7,9	0,08	948,00	0,698970004	0,897627091	0,488559	0,627414
6	9	0,10	900,00	0,77815125	0,954242509	0,605519	0,742545
7	10,05	0,12	861,43	0,84509804	1,002166062	0,714191	0,846929
8	11,05	0,13	828,75	0,903089987	1,043362278	0,815572	0,94225
9	11,4	0,15	760,00	0,954242509	1,056904851	0,910579	1,008544
10	12,5	0,17	750,00	1	1,096910013	1	1,09691
11	13,05	0,18	711,82	1,041392685	1,115610512	1,084499	1,161789
12	13,55	0,20	677,50	1,079181246	1,131939295	1,164632	1,221568
13	13,89	0,22	641,08	1,113943352	1,142702246	1,24087	1,272906
14	14,15	0,23	606,43	1,146128036	1,15075644	1,313609	1,318914
15	14,55	0,25	582,00	1,176091259	1,162862993	1,383191	1,367633
16	15,02	0,27	563,25	1,204119983	1,176669933	1,449905	1,416852
17	15,28	0,28	539,29	1,230448921	1,184123354	1,514005	1,457003
18	15,6	0,30	520,00	1,255272505	1,193124598	1,575709	1,497697
19	15,8	0,32	498,95	1,278753601	1,198657087	1,635211	1,532787
20	16,06	0,33	481,80	1,301029996	1,205745541	1,692679	1,568711
25	17,6	0,42	422,40	1,397940009	1,245512668	1,954236	1,741152
30	17,9	0,50	358,00	1,477121255	1,252853031	2,181887	1,850616
35	18,6	0,58	318,86	1,544068044	1,269512944	2,384146	1,960214
40	19,55	0,67	293,25	1,602059991	1,291146762	2,566596	2,068495
45	19,88	0,75	265,07	1,653212514	1,29841638	2,733112	2,146558
50	20,4	0,83	244,80	1,698970004	1,309630167	2,886499	2,225022
55	20,66	0,92	225,38	1,740362689	1,315130317	3,028862	2,288804
60	21,4	1,00	214,00	1,77815125	1,330413773	3,161822	2,365677
65	21,6	1,08	199,38	1,812913357	1,334453751	3,286655	2,419249
70	21,95	1,17	188,14	1,84509804	1,341434525	3,404387	2,475078
75	22,5	1,25	180,00	1,875061263	1,352182518	3,515855	2,535425
80	22,6	1,33	169,50	1,903089987	1,354108439	3,621751	2,57699
				38,71417302	35,99788022	53,99528	46,77639

m	A	B	K	a
32	0,579783	0,450605	3,7999	0,450605

Forma Final da equação de Infiltração:

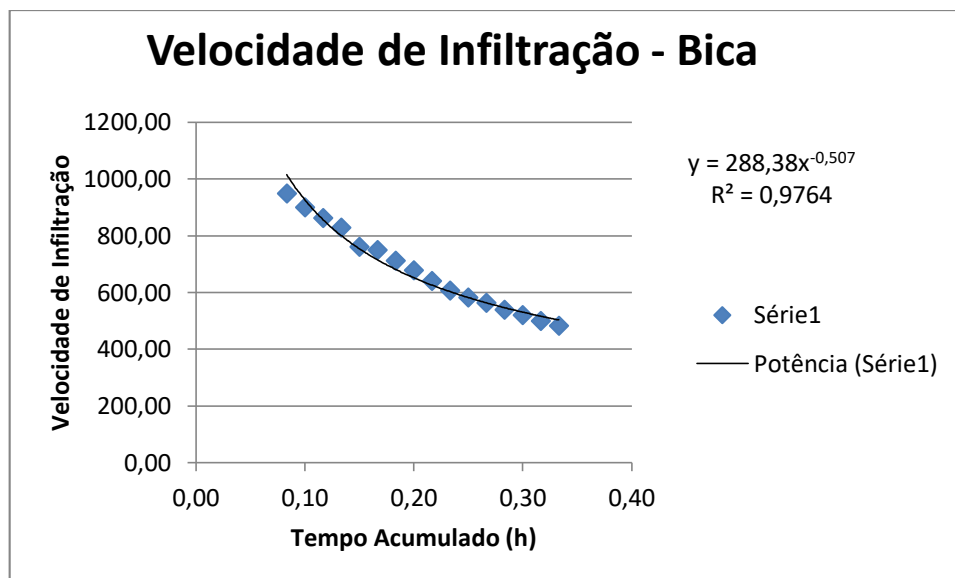
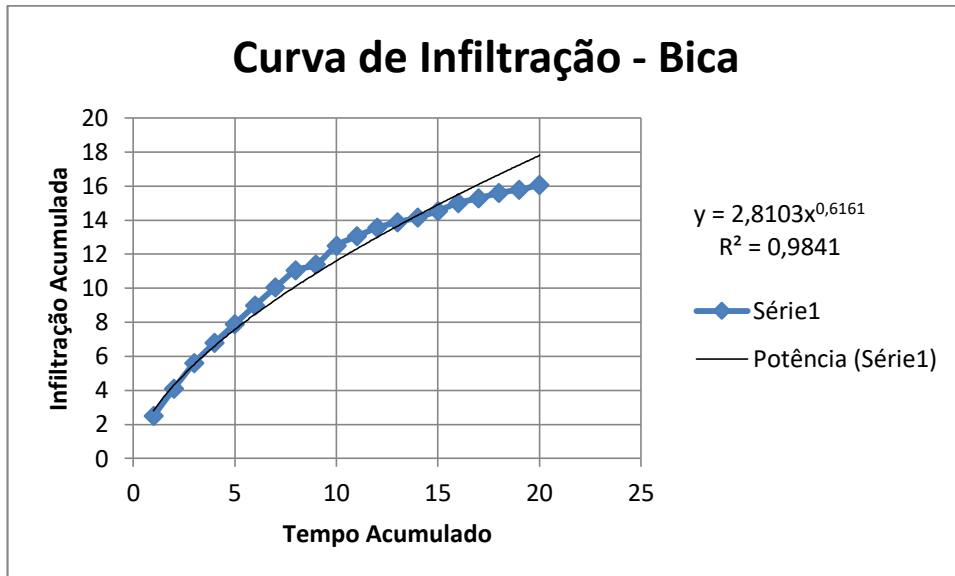
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 3,7999 \cdot T^{0,45061}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,57978 \cdot T^{-0,54939}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 3,7999 \cdot T^{-0,54939}$$



PONTO 8 TRINCHEIRA

Dados Infiltração Trincheira							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
5	0,29	0,08	34,80	0,698970004	-0,537602	0,488559	-0,37577
10	0,45	0,17	27,00	1	-0,3467875	1	-0,34679
15	0,6	0,25	24,00	1,176091259	-0,2218487	1,383191	-0,26091
20	0,75	0,33	22,50	1,301029996	-0,1249387	1,692679	-0,16255
25	0,8	0,42	19,20	1,397940009	-0,09691	1,954236	-0,13547
30	1,05	0,50	21,00	1,477121255	0,0211893	2,181887	0,031299
35	1,15	0,58	19,71	1,544068044	0,0606978	2,384146	0,093722
45	1,2	0,75	16,00	1,653212514	0,0791812	2,733112	0,130903
60	1,32	1,00	13,20	1,77815125	0,1205739	3,161822	0,214399
90	1,8	1,50	12,00	1,954242509	0,2552725	3,819064	0,498864
120	2,2	2,00	11,00	2,079181246	0,3424227	4,322995	0,711959
150	2,4	2,50	9,60	2,176091259	0,3802112	4,735373	0,827374
				18,23609935	-0,0685382	29,85706	1,227027

m	A	B	K	a
12	-0,94921	0,620853	0,1124	0,620853

Forma Final da equação de Infiltração:

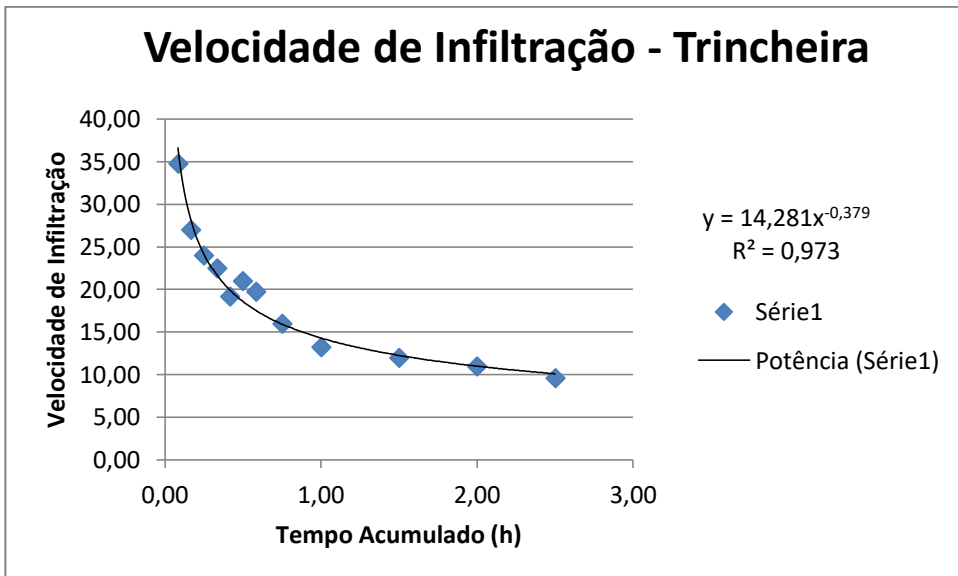
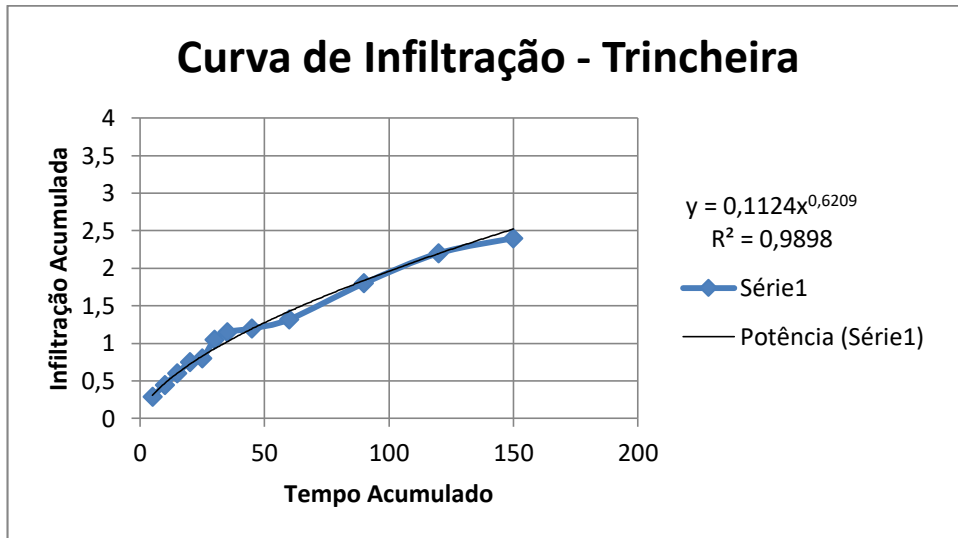
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,1124 \cdot T^{0,620853}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,94921 \cdot T^{-0,37915}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,1124 \cdot T^{-0,37915}$$



PONTO 9 PASSAURA

Dados Infiltração Passaura							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	4,03	0,02	2418,00	0	0,605305	0	0
2	7,88	0,03	2364,00	0,301029996	0,896526	0,090619	0,269881
3	10,88	0,05	2176,00	0,477121255	1,036629	0,227645	0,494598
4	13	0,07	1950,00	0,602059991	1,113943	0,362476	0,670661
4,5	14,2	0,08	1893,33	0,653212514	1,152288	0,426687	0,752689
5	15,8	0,08	1896,00	0,698970004	1,198657	0,488559	0,837825
5,5	22,2	0,09	2421,82	0,740362689	1,346353	0,548137	0,99679
6	18,5	0,10	1850,00	0,77815125	1,267172	0,605519	0,986051
6,5	19,72	0,11	1820,31	0,812913357	1,294907	0,660828	1,052647
7	20,82	0,12	1784,57	0,84509804	1,318481	0,714191	1,114245
7,5	22,08	0,13	1766,40	0,875061263	1,343999	0,765732	1,176082
8	22,7639	0,13	1707,29	0,903089987	1,357247	0,815572	1,225716
8,5	23,6	0,14	1665,88	0,929418926	1,372912	0,86382	1,27601
9	24,939	0,15	1662,60	0,954242509	1,396879	0,910579	1,332961
9,5	25,24	0,16	1594,11	0,977723605	1,402089	0,955943	1,370856
10	26	0,17	1560,00	1	1,414973	1	1,414973
10,5	26,92	0,18	1538,29	1,021189299	1,430075	1,042828	1,460377
11	27,61	0,18	1506,00	1,041392685	1,441066	1,084499	1,500716
11,5	28,72	0,19	1498,43	1,06069784	1,458184	1,12508	1,546693
12	29,55	0,20	1477,50	1,079181246	1,470557	1,164632	1,586998
12,5	30,48	0,21	1463,04	1,096910013	1,484015	1,203212	1,627831
13	31,08	0,22	1434,46	1,113943352	1,492481	1,24087	1,662539
13,5	31,79	0,23	1412,89	1,130333768	1,502291	1,277654	1,69809
14	32,8	0,23	1405,71	1,146128036	1,515874	1,313609	1,737386
14,5	33,52	0,24	1387,03	1,161368002	1,525304	1,348776	1,771439
15	34,14	0,25	1365,60	1,176091259	1,533264	1,383191	1,803258
15,5	34,7	0,26	1343,23	1,190331698	1,540329	1,41689	1,833503
16	35,34	0,27	1325,25	1,204119983	1,548267	1,449905	1,864299
16,5	35,807	0,28	1302,07	1,217483944	1,553968	1,482267	1,891931
17	36,32	0,28	1281,88	1,230448921	1,560146	1,514005	1,91968
17,5	36,72	0,29	1258,97	1,243038049	1,564903	1,545144	1,945234
18	37,21	0,30	1240,33	1,255272505	1,57066	1,575709	1,971606
18,5	37,6	0,31	1219,46	1,267171728	1,575188	1,605724	1,996034
19	38,01	0,32	1200,32	1,278753601	1,579898	1,635211	2,0203
19,5	38,57	0,33	1186,77	1,290034611	1,58625	1,664189	2,046317
20	38,9	0,33	1167,00	1,301029996	1,58995	1,692679	2,068572
20,5	39,21	0,34	1147,61	1,311753861	1,593397	1,720698	2,090144
21,5	39,52	0,36	1102,88	1,33243846	1,596817	1,775392	2,12766
30,5	39,82	0,51	783,34	1,484299839	1,600101	2,203146	2,37503
		2,17		39,18186809	54,83134	42,90161	57,51762

m	A	B	K	a
39	0,715545	0,687182	5,1945	0,687182

Forma Final da equação de Infiltração:

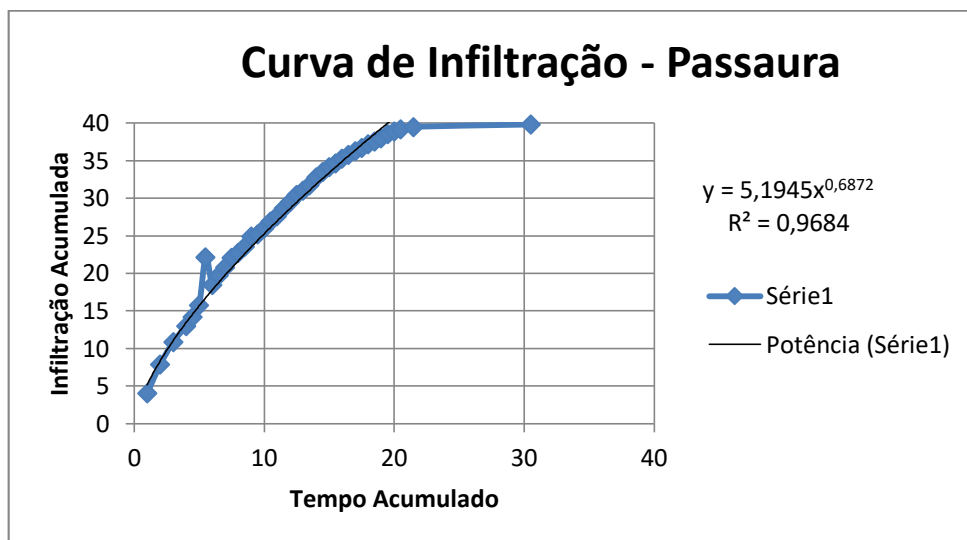
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 5,1945 \cdot T^{0,687182}$$

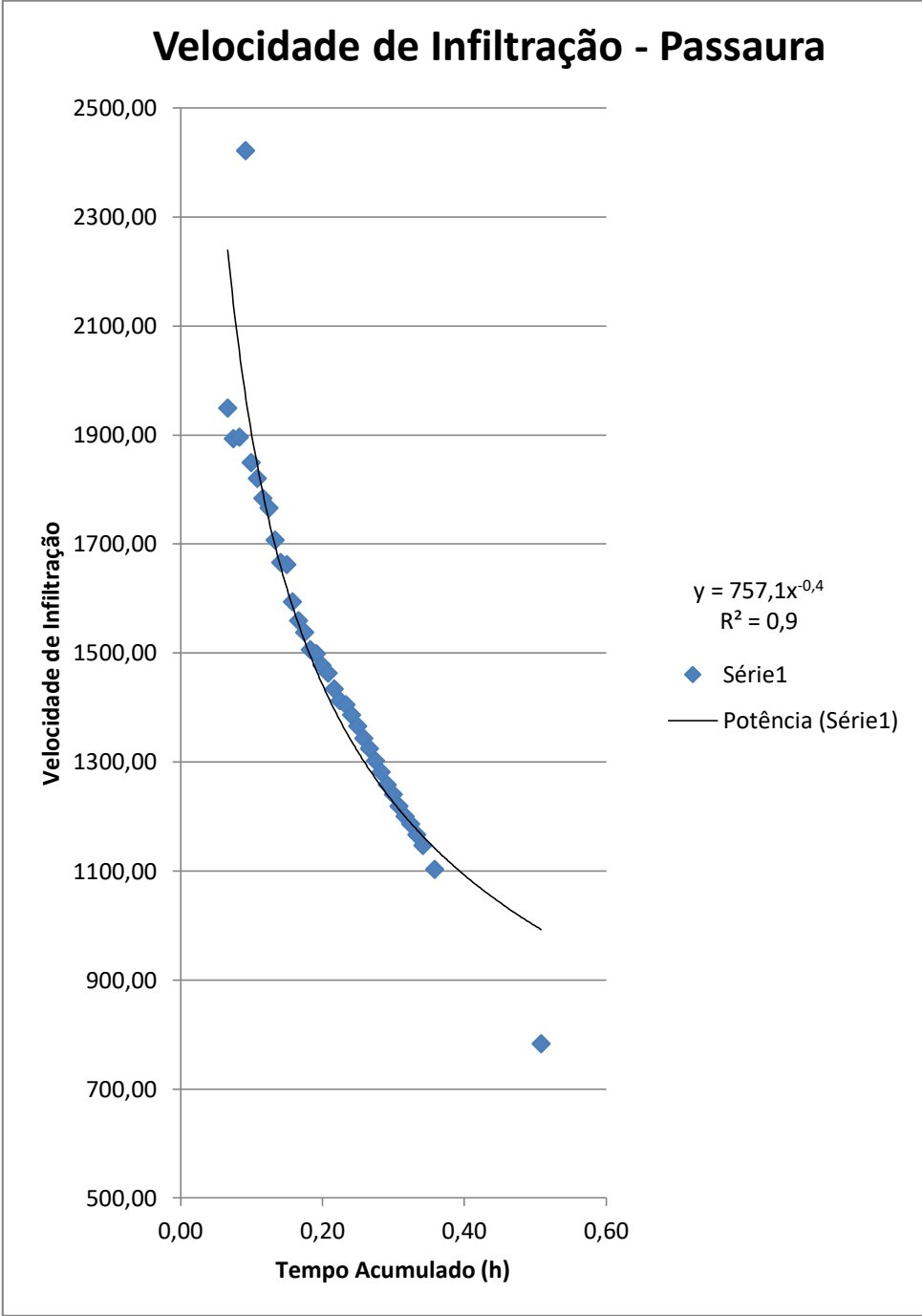
Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,71555 \cdot T^{-0,31282}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 5,1945 \cdot T^{-0,31282}$$





PONTO 10 UTFPR

Dados Infiltração - Prolongamento							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	7,2	0,02	4320,00	0	0,857332	1	0
2	8,2	0,03	2460,00	0,301029996	0,913814	4	0,275085
3	9,2	0,05	1840,00	0,477121255	0,963788	9	0,459844
4	10,05	0,07	1507,50	0,602059991	1,002166	16	0,603364
5	10,7	0,08	1284,00	0,698970004	1,029384	25	0,719508
6	11,05	0,10	1105,00	0,77815125	1,043362	36	0,811894
7	11,5	0,12	985,71	0,84509804	1,060698	49	0,896394
8	12	0,13	900,00	0,903089987	1,079181	64	0,974598
9	12,1	0,15	806,67	0,954242509	1,082785	81	1,03324
10	12,6	0,17	756,00	1	1,100371	100	1,100371
11	12,8	0,18	698,18	1,041392685	1,10721	121	1,15304
12	13,2	0,20	660,00	1,079181246	1,120574	144	1,209302
13	13,5	0,22	623,08	1,113943352	1,130334	169	1,259128
14	13,8	0,23	591,43	1,146128036	1,139879	196	1,306447
				10,94040835	14,63088	1015	11,80221

m	A	B	K	a
14	1,044776	0,000366	10,1036	0,000366

Forma Final da equação de Infiltração:

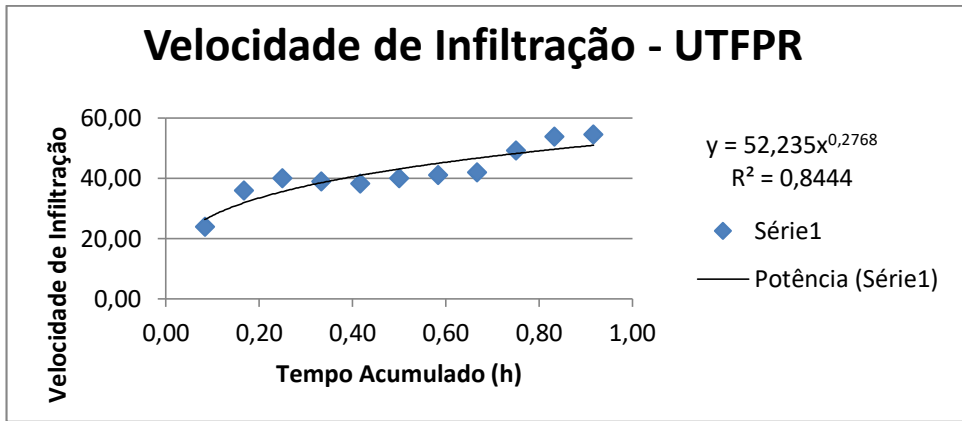
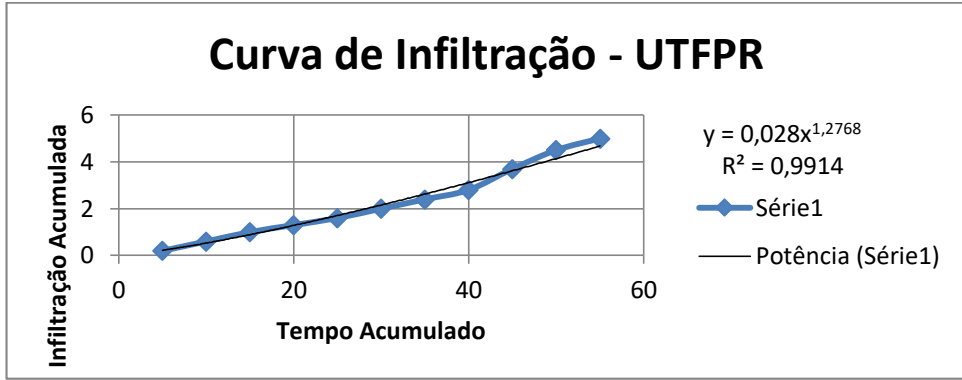
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 10,1036 \cdot T^{0,000366}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 1,044776 \cdot T^{-0,99963}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 10,1036 \cdot T^{-0,99963}$$



PONTO 11 ARQUITETOS

Dados Infiltração - Arquitetos							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	1,69	0,02	1014,00	0	0,2278867	0	0
2	3,05	0,03	915,00	0,301029996	0,4842998	0,090619	0,145789
3	4,4	0,05	880,00	0,477121255	0,6434527	0,227645	0,307005
4	5,6	0,07	840,00	0,602059991	0,748188	0,362476	0,450454
5	6,7	0,08	804,00	0,698970004	0,8260748	0,488559	0,577402
6	7,8	0,10	780,00	0,77815125	0,8920946	0,605519	0,694185
7	8,8	0,12	754,29	0,84509804	0,9444827	0,714191	0,79818
8	9,55	0,13	716,25	0,903089987	0,9800034	0,815572	0,885031
9	10,5	0,15	700,00	0,954242509	1,0211893	0,910579	0,974462
10	11,58	0,17	694,80	1	1,0637086	1	1,063709
11	12,53	0,18	683,45	1,041392685	1,0979511	1,084499	1,143398
12	12,58	0,20	629,00	1,079181246	1,0996806	1,164632	1,186755
13	13,27	0,22	612,46	1,113943352	1,1228709	1,24087	1,250815
14	13,68	0,23	586,29	1,146128036	1,1360861	1,313609	1,3021
15	14,03	0,25	561,20	1,176091259	1,1470577	1,383191	1,349045
20	16,33	0,33	489,90	1,301029996	1,2129862	1,692679	1,578131
25	18,22	0,42	437,28	1,397940009	1,2605484	1,954236	1,762171
30	19,63	0,50	392,60	1,477121255	1,2929203	2,181887	1,9098
35	20,98	0,58	359,66	1,544068044	1,3218055	2,384146	2,040958
40	22,28	0,67	334,20	1,602059991	1,3479152	2,566596	2,159441
45	23,28	0,75	310,40	1,653212514	1,366983	2,733112	2,259913
				21,09193142	21,238185	24,91462	23,83874

m	A	B	K	a
21	0,336188	0,672211	2,168	0,672211

Forma Final da equação de Infiltração:

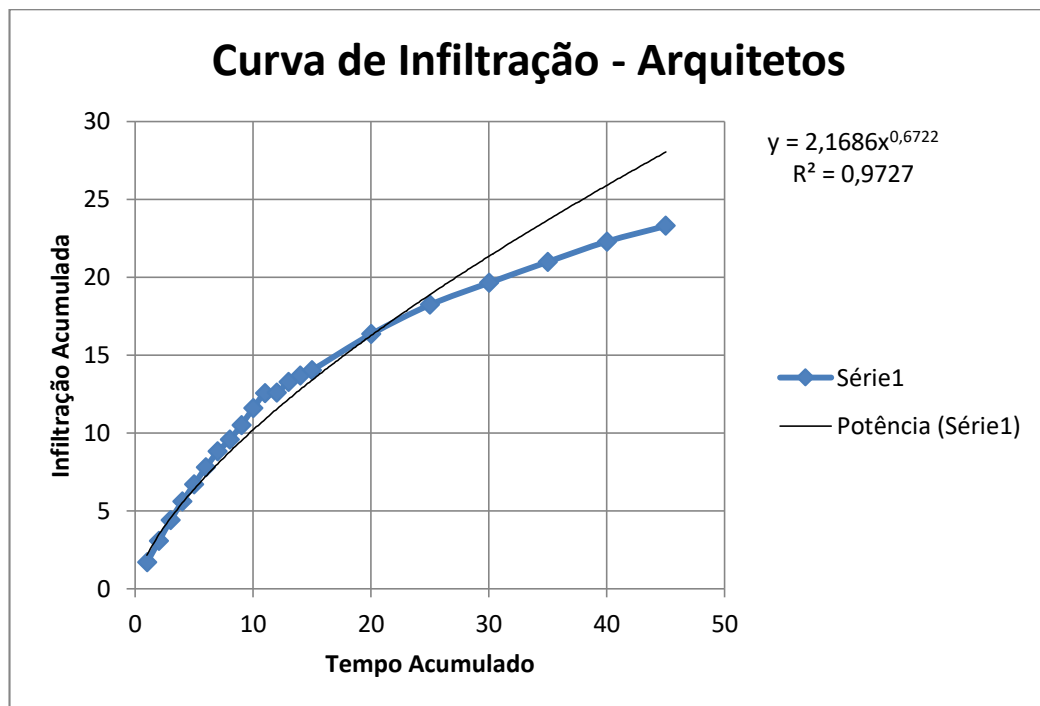
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 2,168 \cdot T^{0,67221}$$

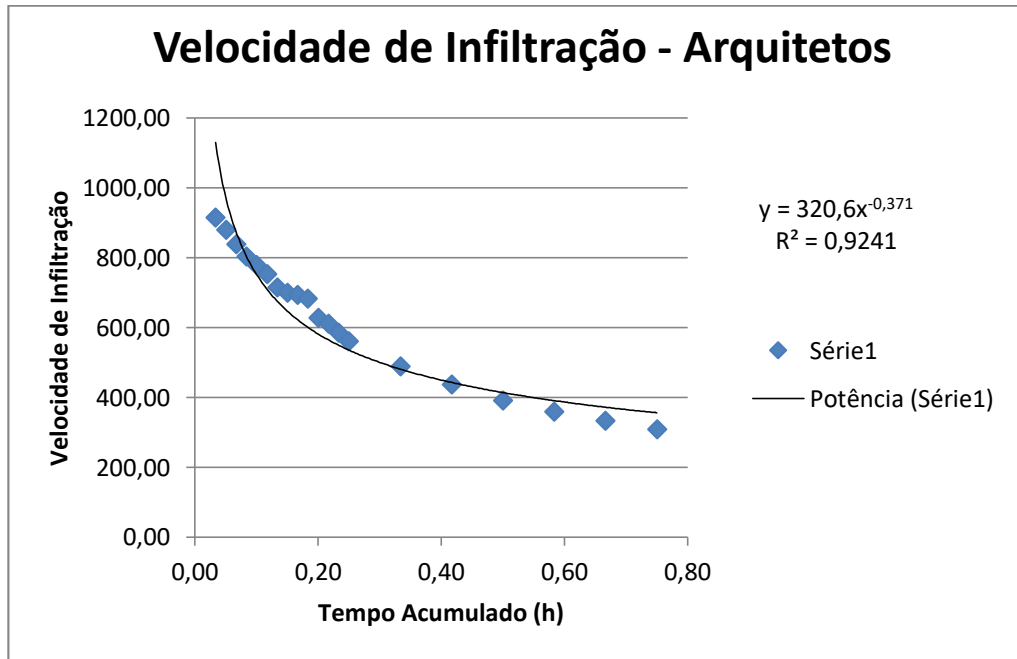
Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,33619 \cdot T^{-0,32779}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 2,168 \cdot T^{-0,32779}$$





PONTO 12 MARRECCAS

Dados Infiltração Marrecas							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
4	0,2	0,07	30,00	0,602059991	-0,69897	0,362476	-0,42082
5	0,63	0,08	75,60	0,698970004	-0,20066	0,488559	-0,14025
10	1,2	0,17	72,00	1	0,079181	1	0,079181
15	2,2	0,25	88,00	1,176091259	0,342423	1,383191	0,40272
20	3,12	0,33	93,60	1,301029996	0,494155	1,692679	0,64291
25	3,71	0,42	89,04	1,397940009	0,569374	1,954236	0,795951
30	4,5	0,50	90,00	1,477121255	0,653213	2,181887	0,964874
35	5,23	0,58	89,66	1,544068044	0,718502	2,384146	1,109415
40	5,93	0,67	88,95	1,602059991	0,773055	2,566596	1,23848
45	6,6	0,75	88,00	1,653212514	0,819544	2,733112	1,35488
50	7,3	0,83	87,60	1,698970004	0,863323	2,886499	1,46676
				14,15152307	4,413139	19,63338	7,494095

m	A	B	K	a
11	-1,23605	1,272636	0,058	1,272636

Forma Final da equação de Infiltração:

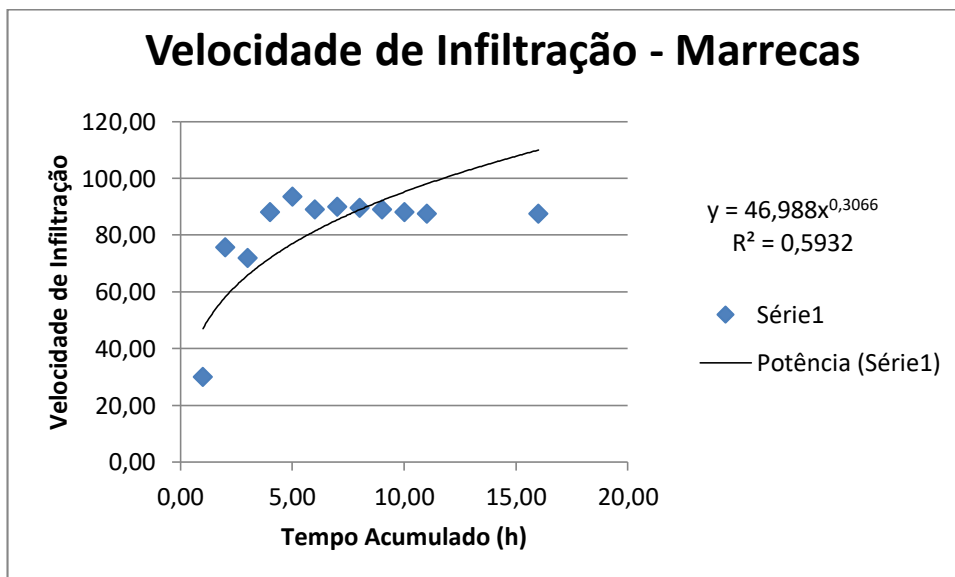
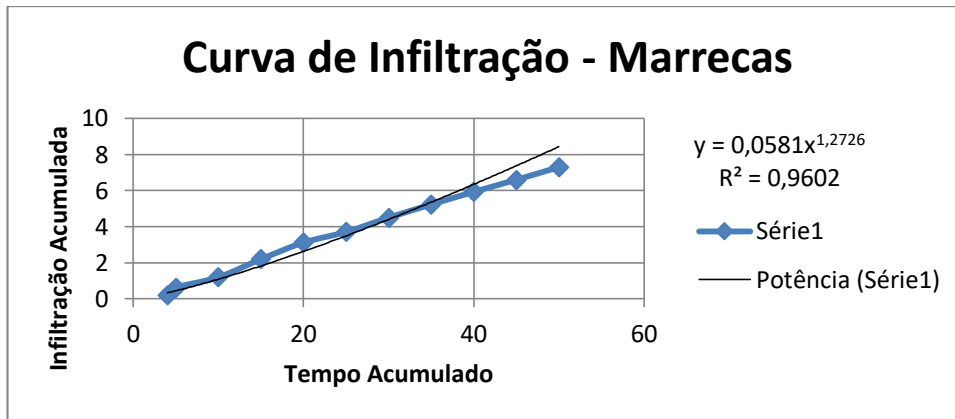
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,058 \cdot T^{1,272636}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,54926 \cdot T^{0,272636}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 0,058 \cdot T^{0,272636}$$



PONTO 13 ALODI

Dados Infiltração - Alodi

Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
5	1,2	0,08	144,00	0,698970004	0,079181	25	0,055345
10	2,2	0,17	132,00	1	0,342423	100	0,342423
15	3,2	0,25	128,00	1,176091259	0,50515	225	0,594102
20	4,2	0,33	126,00	1,301029996	0,623249	400	0,810866
25	5	0,42	120,00	1,397940009	0,69897	625	0,977118
30	5,8	0,50	116,00	1,477121255	0,763428	900	1,127676
35	6,45	0,58	110,57	1,544068044	0,80956	1225	1,250015
40	7,1	0,67	106,50	1,602059991	0,851258	1600	1,363767
45	7,55	0,75	100,67	1,653212514	0,877947	2025	1,451433
50	8,8	0,83	105,60	1,698970004	0,944483	2500	1,604648
55	9,2	0,92	100,36	1,740362689	0,963788	3025	1,67734
60	9,2	1,00	92,00	1,77815125	0,963788	3600	1,713761
				17,06797702	8,423225	16250	12,96849

m	A	B	K	a
12	0,701849	6,09E-05	5,033	6,09E-05

Forma Final da equação de Infiltração:

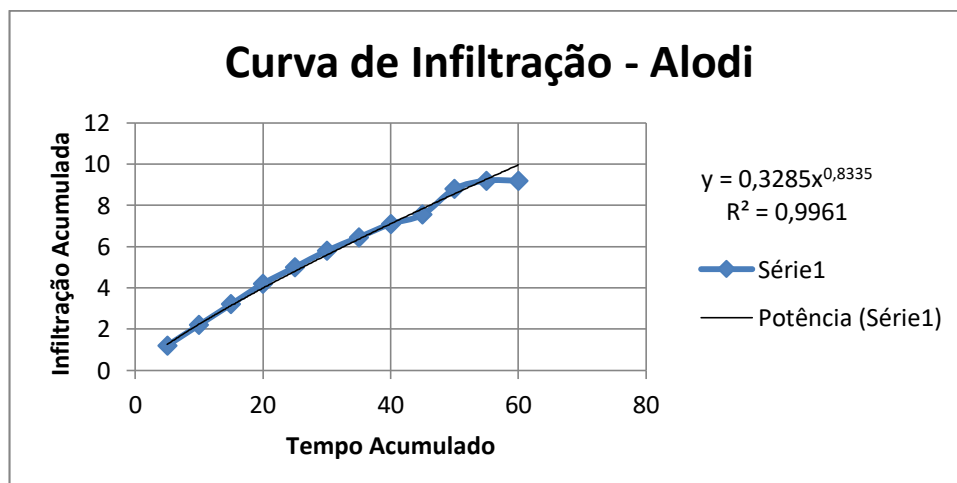
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 5,033 \cdot T^{0,0000609}$$

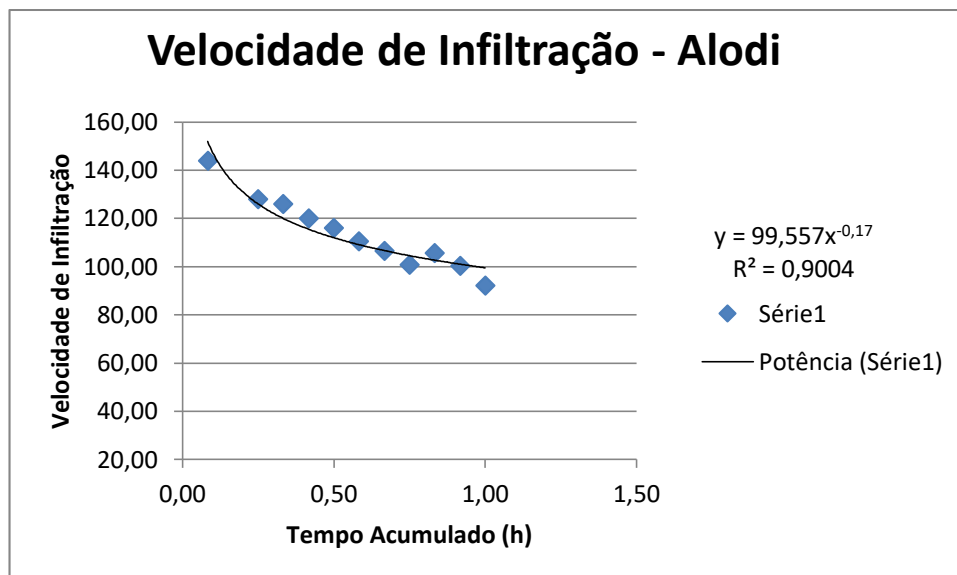
Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,701849 \cdot T^{-0,99994}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 5,033 \cdot T^{-0,99994}$$





PONTO 14 CRISTÓVÃO

Dados Infiltração São Cristóvão							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	0,8	0,02	480,00	0	-0,09691	1	0
2	1,5	0,03	450,00	0,30103	0,176091	4	0,053009
3	2,15	0,05	430,00	0,47712	0,332438	9	0,158613
4	2,65	0,07	397,50	0,60206	0,423246	16	0,254819
5	3,13	0,08	375,60	0,69897	0,495544	25	0,346371
10	4,5	0,17	270,00	1,00000	0,653213	100	0,653213
15	5,4	0,25	216,00	1,17609	0,732394	225	0,861362
20	5,86	0,33	175,80	1,30103	0,767898	400	0,999058
25	6,42	0,42	154,08	1,39794	0,807535	625	1,128886
30	6,92	0,50	138,40	1,47712	0,840106	900	1,240939
35	7,3	0,58	125,14	1,54407	0,863323	1225	1,333029
40	7,82	0,67	117,30	1,60206	0,893207	1600	1,430971
45	8,2	0,75	109,33	1,65321	0,913814	2025	1,510728
50	8,57	0,83	102,84	1,69897	0,932981	2500	1,585106
55	8,87	0,92	96,76	1,74036	0,947924	3025	1,649731
60	9,2	1,00	92,00	1,77815	0,963788	3600	1,713761
65	9,53	1,08	87,97	1,81291	0,979093	4225	1,775011
70	9,9	1,17	84,86	1,84510	0,995635	4900	1,837045
75	10,27	1,25	82,16	1,87506	1,01157	5625	1,896757
				23,98126	13,63289	31030	20,42841

m	A	B	K	a
19	0,717389	0,000104	5,2166	0,00010392

Forma Final da equação de Infiltração:

$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 5,2166 \cdot T^{0,000104}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,717389 \cdot T^{-0,9999}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 5,2166 \cdot T^{-0,9999}$$

PONTO 15 CARNEIRO NETO

Dados Infiltração Carneiro Neto							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	2,6	0,02	1560,00	0	0,414973	1	0
2	4,6	0,03	1380,00	0,301029996	0,662758	4	0,19951
3	6,54	0,05	1308,00	0,477121255	0,815578	9	0,389129
4	8	0,07	1200,00	0,602059991	0,90309	16	0,543714
5	9,39	0,08	1126,80	0,698970004	0,972666	25	0,679864
7	12,21	0,12	1046,57	0,84509804	1,086716	49	0,918381
12	16,84	0,20	842,00	1,079181246	1,226342	144	1,323445
17	20,18	0,28	712,24	1,230448921	1,304921	289	1,605639
22	22,5	0,37	613,64	1,342422681	1,352183	484	1,8152
27	26,9	0,45	597,78	1,431363764	1,429752	729	2,046496
32	30,05	0,53	563,44	1,505149978	1,477844	1024	2,224378
37	32,5	0,62	527,03	1,568201724	1,511883	1369	2,370938
42	35,4	0,70	505,71	1,62324929	1,549003	1764	2,514418
47	38,1	0,78	486,38	1,672097858	1,580925	2209	2,643461
52	40,21	0,87	463,96	1,716003344	1,604334	2704	2,753043
57	42,28	0,95	445,05	1,755874856	1,626135	3249	2,85529
62	43,99	1,03	425,71	1,792391689	1,643354	3844	2,945534
				19,64066464	21,16246	17913	415,6447

m	A	B	K	a
17	1,219588	0,021866	16,5802	0,021866

Forma Final da equação de Infiltração:

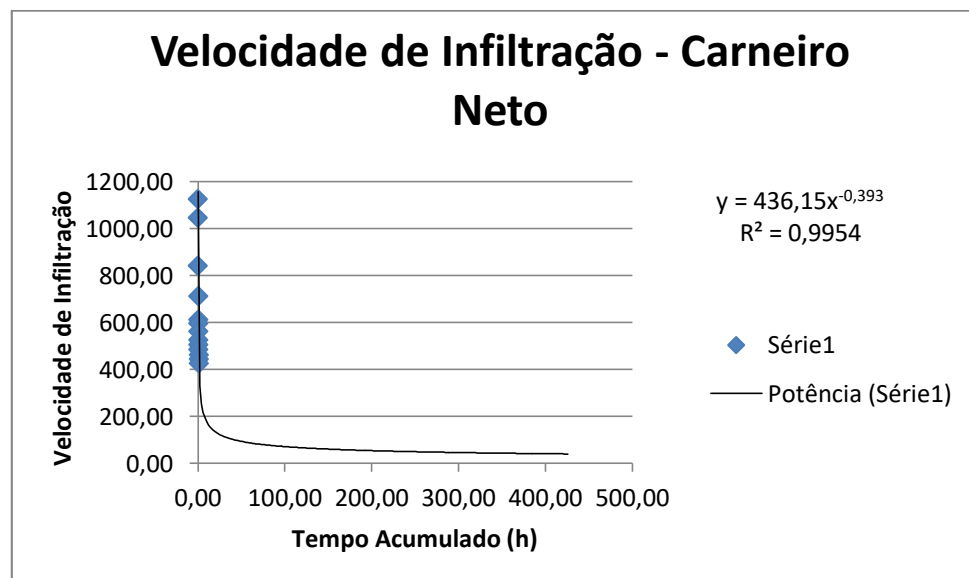
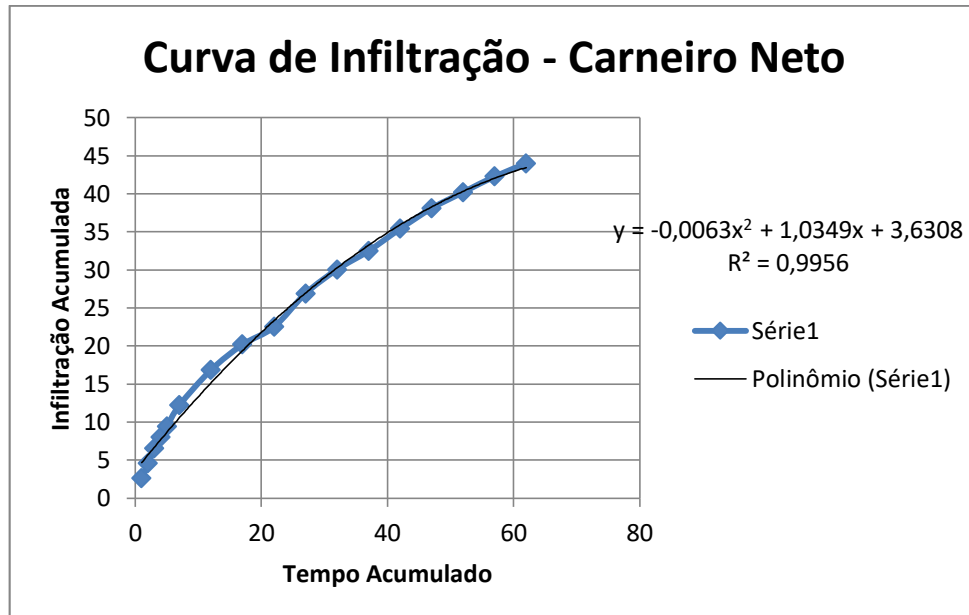
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 16,5802 \cdot T^{0,021866}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A.T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 1,219588.T^{-0,97813}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k.T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 16,5802.T^{-0,97813}$$



PONTO 16 SANDERSON

Dados Infiltração Sanderson							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	2,07	0,02	1242,00	0	0,315970345	0	0
2	3,08	0,03	924,00	0,301029996	0,488550717	0,09061906	0,1470684
3	5,7	0,05	1140,00	0,477121255	0,755874856	0,22764469	0,360644
4	7,06	0,07	1059,00	0,602059991	0,848804701	0,36247623	0,5110314
5	8,38	0,08	1005,60	0,698970004	0,923244019	0,48855907	0,6453199
6	9,62	0,10	962,00	0,77815125	0,983175072	0,60551937	0,7650589
7	10,62	0,12	910,29	0,84509804	1,026124517	0,7141907	0,8671758
8	12	0,13	900,00	0,903089987	1,079181246	0,81557152	0,9745978
9	13,34	0,15	889,33	0,954242509	1,12515583	0,91057877	1,0736715
10	14,57	0,17	874,20	1	1,163459552	1	1,1634596
11	16,03	0,18	874,36	1,041392685	1,204933522	1,08449872	1,254809
12	17,4	0,20	870,00	1,079181246	1,240549248	1,16463216	1,3387775
13	18,7	0,22	863,08	1,113943352	1,271841607	1,24086979	1,4167595
14	19,89	0,23	852,43	1,146128036	1,298634783	1,31360947	1,4884017
15	21,12	0,25	844,80	1,176091259	1,324693914	1,38319065	1,5579609
16	22,4	0,27	840,00	1,204119983	1,350248018	1,44990493	1,6258606
17	23,6	0,28	832,94	1,230448921	1,372912003	1,51400455	1,6892981
		2,55		14,55106852	17,77335395	14,3658697	16,879895

m	A	B	K	a
17	0,298871	0,872276	1,99	0,872276

Forma Final da equação de Infiltração:

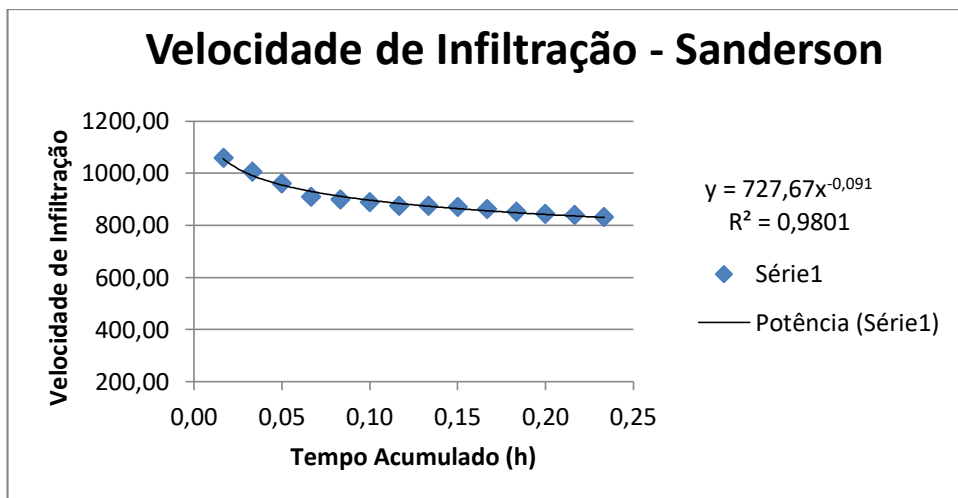
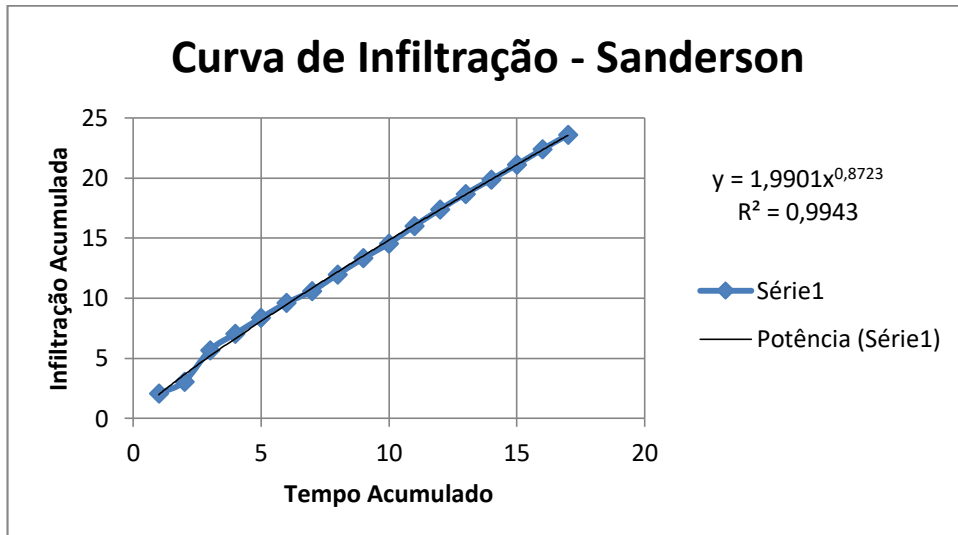
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 1,99 \cdot T^{0,872276}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,2988 \cdot T^{-0,12772}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

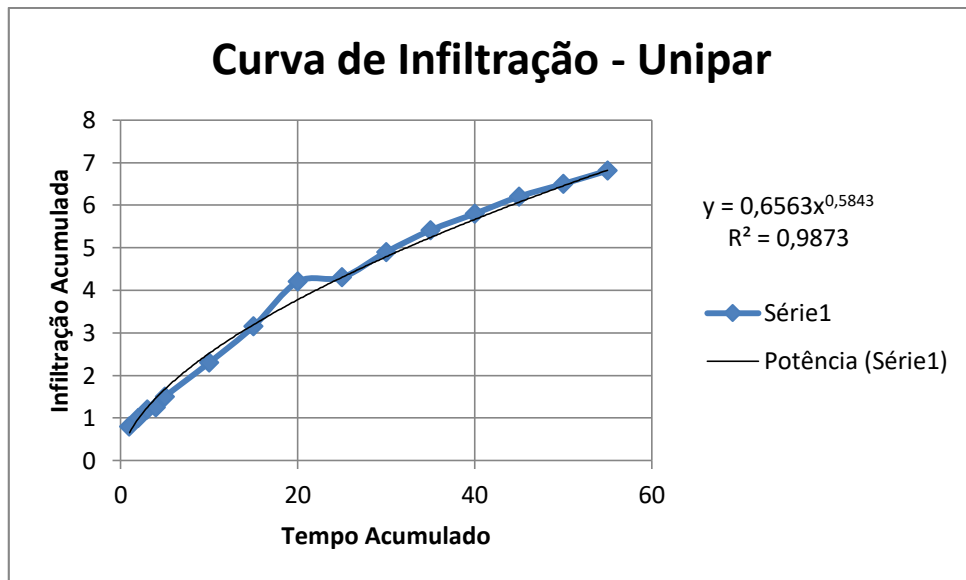
$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 1,99 \cdot T^{-0,12772}$$

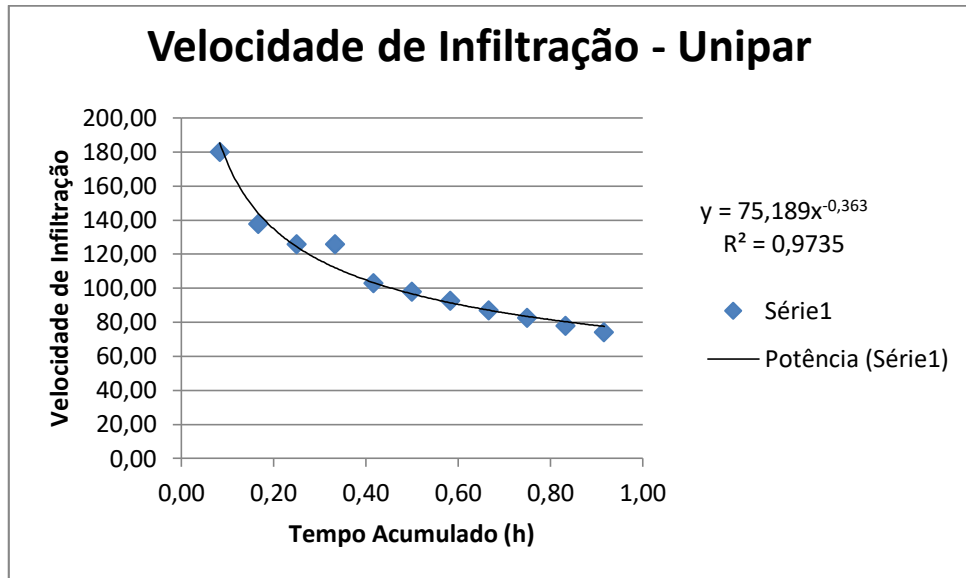


PONTO 17 UNIPAR

Dados Infiltração Unipar							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	0,8	0,02	48,00	0	-0,09691	0	0
2	1	0,03	300,00	0,30102999	0	0,09061	0
3	1,2	0,05	240,00	0,47712125	0,07918	0,227645	0,0377
4	1,25	0,07	187,50	0,60205999	0,09691	0,36247	0,0583
5	1,5	0,08	180,00	0,69897000	0,17609	0,48855	0,1230
10	2,3	0,17	138,00	1	0,36178	1	0,3617
15	3,15	0,25	126,00	1,17609125	0,49831	1,38319	0,5860
20	4,2	0,33	126,00	1,30102999	0,62324	1,69267	0,8108
25	4,3	0,42	103,20	1,39794000	0,63346	1,95423	0,8855
30	4,9	0,50	98,00	1,47712125	0,690196	2,18188	1,0195
35	5,41	0,58	92,74	1,54406804	0,73319	2,38414	1,1321
40	5,8	0,67	87,00	1,60205999	0,76342	2,56659	1,2235
45	6,2	0,75	82,67	1,65321251	0,79239	2,73311	1,3099
50	6,5	0,83	78,00	1,69897000	0,81291	2,88649	1,3811
55	6,81	0,92	74,29	1,74036268	0,83314	3,02886	1,4499
				16,6700370	6,99730	22,9805	10,371

m	A	B	K	a
15	-0,18288	0,584311	0,6563	0,584311





PONTO 18 PROLONGAMENTO

Dados Infiltração - Prolongamento							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
1	7,2	0,02	4320,00	0	0,857332	1	0
2	8,2	0,03	2460,00	0,301029996	0,913814	4	0,275085
3	9,2	0,05	1840,00	0,477121255	0,963788	9	0,459844
4	10,05	0,07	1507,50	0,602059991	1,002166	16	0,603364
5	10,7	0,08	1284,00	0,698970004	1,029384	25	0,719508
6	11,05	0,10	1105,00	0,77815125	1,043362	36	0,811894
7	11,5	0,12	985,71	0,84509804	1,060698	49	0,896394
8	12	0,13	900,00	0,903089987	1,079181	64	0,974598
9	12,1	0,15	806,67	0,954242509	1,082785	81	1,03324
10	12,6	0,17	756,00	1	1,100371	100	1,100371
11	12,8	0,18	698,18	1,041392685	1,10721	121	1,15304
12	13,2	0,20	660,00	1,079181246	1,120574	144	1,209302
13	13,5	0,22	623,08	1,113943352	1,130334	169	1,259128
14	13,8	0,23	591,43	1,146128036	1,139879	196	1,306447
				10,94040835	14,63088	1015	11,80221

m	A	B	K	a
14	1,044776	0,000366	10,1036	0,000366

Forma Final da equação de Infiltração:

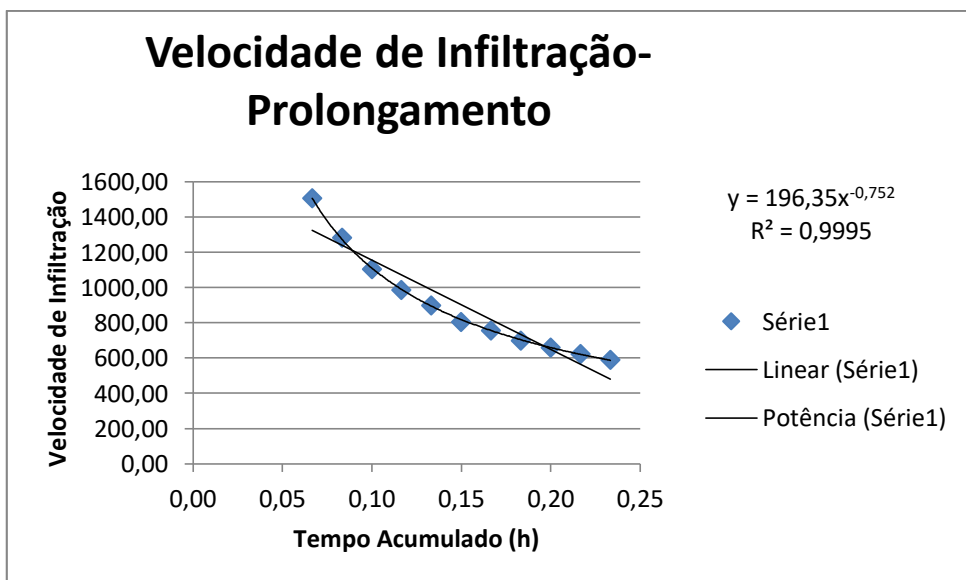
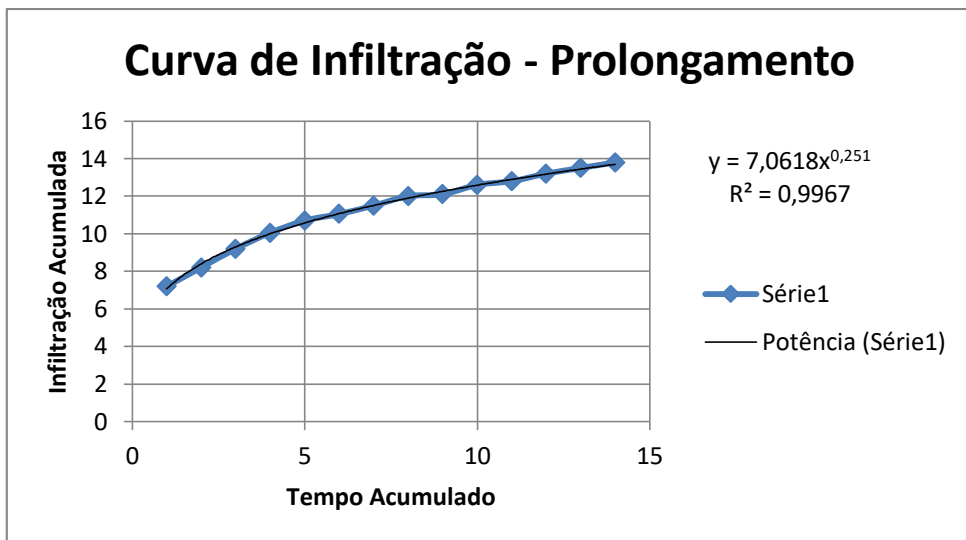
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 10,1036 \cdot T^{0,000366}$$

Forma Final da Equação de velocidade instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 1,044776 \cdot T^{-0,99963}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 10,1036 \cdot T^{-0,99963}$$



PONTO 19 CEREALISTA

Dados Infiltração Cerealista							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
5	0,4	0,08	48,00	0,698970004	-0,39794	0,488559	-0,27815
10	1,08	0,17	64,80	1	0,0334238	1	0,033424
15	2,2	0,25	88,00	1,176091259	0,3424227	1,383191	0,40272
20	2,39	0,33	71,70	1,301029996	0,3783979	1,692679	0,492307
25	3,09	0,42	74,16	1,397940009	0,4899585	1,954236	0,684933
30	3,56	0,50	71,20	1,477121255	0,55145	2,181887	0,814559
35	4,37	0,58	74,91	1,544068044	0,6404814	2,384146	0,988947
40	4,88	0,67	73,20	1,602059991	0,6884198	2,566596	1,10289
45	5,54	0,75	73,87	1,653212514	0,7435098	2,733112	1,22918
50	6,1	0,83	73,20	1,698970004	0,7853298	2,886499	1,334252
55	6,59	0,92	71,89	1,740362689	0,8188854	3,028862	1,425158
60	7,3	1,00	73,00	1,77815125	0,8633229	3,161822	1,535119
65	7,47	1,08	68,95	1,812913357	0,8733206	3,286655	1,583255
70	8,14	1,17	69,77	1,84509804	0,9106244	3,404387	1,680191
75	8,57	1,25	68,56	1,875061263	0,9329808	3,515855	1,749396
80	8,87	1,33	66,53	1,903089987	0,9479236	3,621751	1,803984
85	9,55	1,42	67,41	1,929418926	0,9800034	3,722657	1,890837
90	9,96	1,50	66,40	1,954242509	0,9982593	3,819064	1,950841
		14,25		28,3878011	11,580774	46,83196	20,42384

m	A	B	K	a
18	-1,00888	1,047657	0,0979	1,047657

Forma Final da equação de Infiltração:

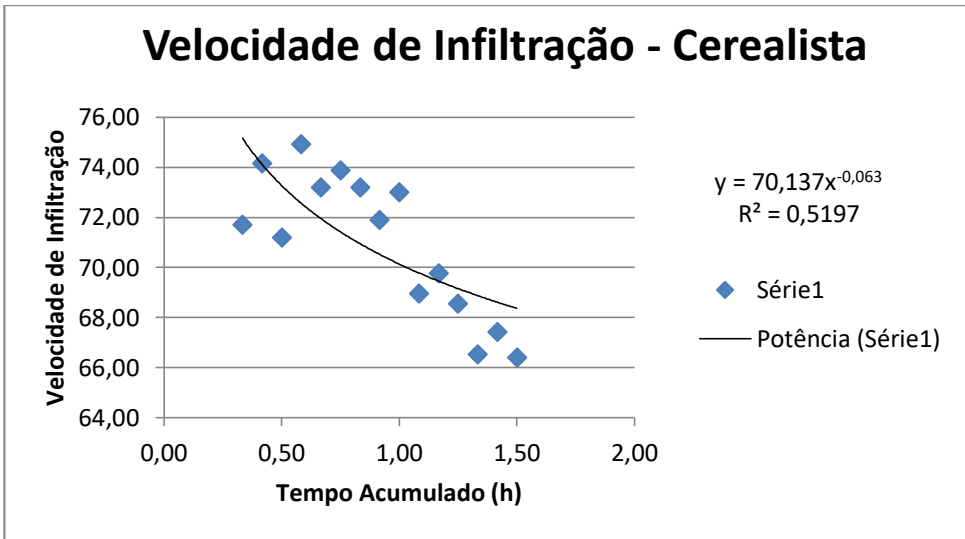
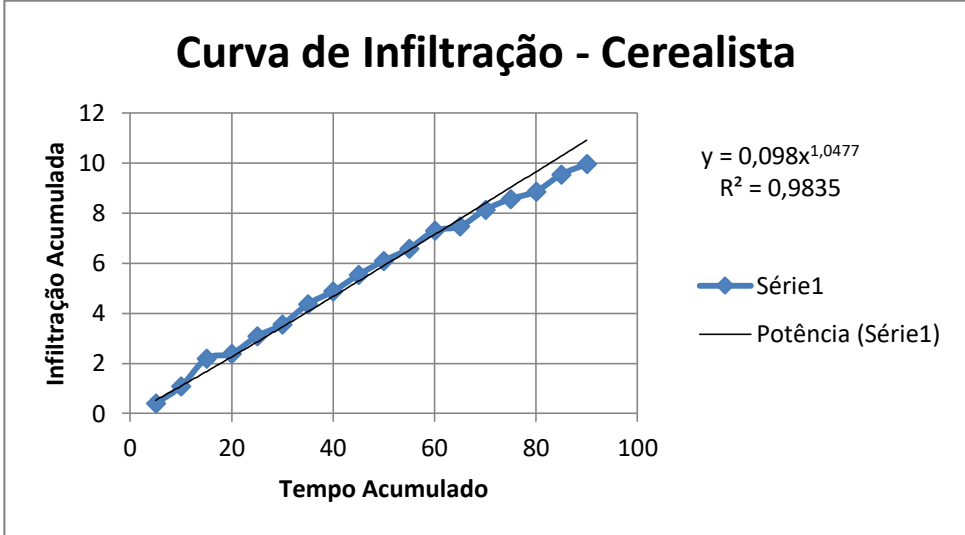
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,0979 \cdot T^{1,047657}$$

Forma Final da Equação de velocidade instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 1,00888 \cdot T^{0,047657}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 0,0979 \cdot T^{0,047657}$$



PONTO 20 SOL NASCENTE

Dados Infiltração Sol Nascente							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
5	0,5	0,08	60,00	0,69897	-0,30103	0,488559	-0,21041
10	1	0,17	60,00	1	0	1	0
15	3	0,25	120,00	1,17609126	0,47712125	1,383191	0,561138
20	4,28	0,33	128,40	1,30103	0,63144377	1,692679	0,821527
25	5,04	0,42	120,96	1,39794001	0,70243054	1,954236	0,981956
30	5,5	0,50	110,00	1,47712125	0,74036269	2,181887	1,093605
35	5,67	0,58	97,20	1,54406804	0,75358306	2,384146	1,163584
40	6,58	0,67	98,70	1,60205999	0,81822589	2,566596	1,310847
45	7,26	0,75	96,80	1,65321251	0,86093662	2,733112	1,423311
50	7,6	0,83	91,20	1,69897	0,88081359	2,886499	1,496476
55	7,55	0,92	82,36	1,74036269	0,87794695	3,028862	1,527946
60	7,67	1,00	76,70	1,77815125	0,88479536	3,161822	1,5733
65	8,24	1,08	76,06	1,81291336	0,91592721	3,286655	1,660497
70	8,81	1,17	75,51	1,84509804	0,94497591	3,404387	1,743573
75	9,28	1,25	74,24	1,87506126	0,96754798	3,515855	1,814212
80	9,66	1,33	72,45	1,90308999	0,98497713	3,621751	1,8745
85	10	1,42	70,59	1,92941893	1	3,722657	1,929419
90	10,43	1,50	69,53	1,95424251	1,01828431	3,819064	1,989974
		14,25		28,3878011	13,1583423	46,83196	22,75545

m	A	B	K	a
18	-0,80162	0,971806	0,157	0,971806

Forma Final da equação de Infiltração:

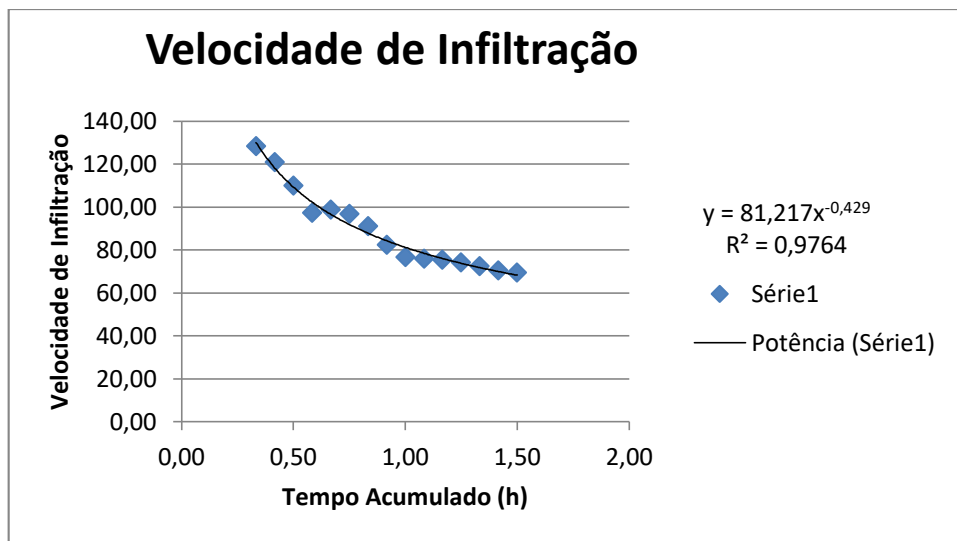
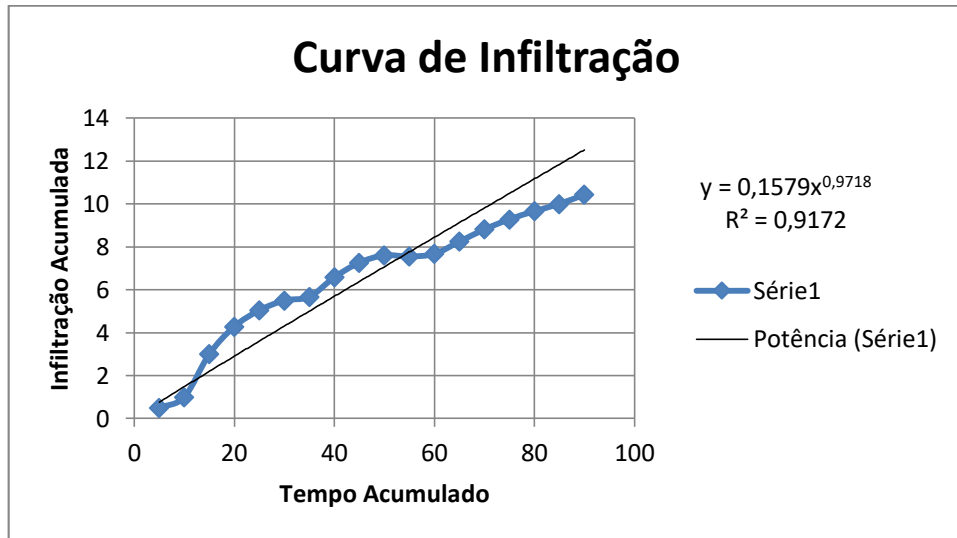
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,157 \cdot T^{0,971806}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,80162 \cdot T^{-0,02819}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,157 \cdot T^{-0,02819}$$



PONTO 22 ALUVAN

Dados Infiltração Aluvan							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
16	2,5	0,27	93,75	1,2041	0,3979	1,4499	0,4792
29	3,5	0,48	72,41	1,4624	0,5441	2,1386	0,7956
40	3	0,67	45,00	1,6021	0,4771	2,5666	0,7644
48,5	4,5	0,81	55,67	1,6857	0,6532	2,8417	1,1011
56	5	0,93	53,57	1,7482	0,6990	3,0562	1,2219
60	4	1,00	40,00	1,7782	0,6021	3,1618	1,0706
				9,4807	3,3734	15,2148	5,4328

m	A	B	K	a
6	-0,12908	0,437505	0,74288	0,437505

Forma Final da equação de Infiltração:

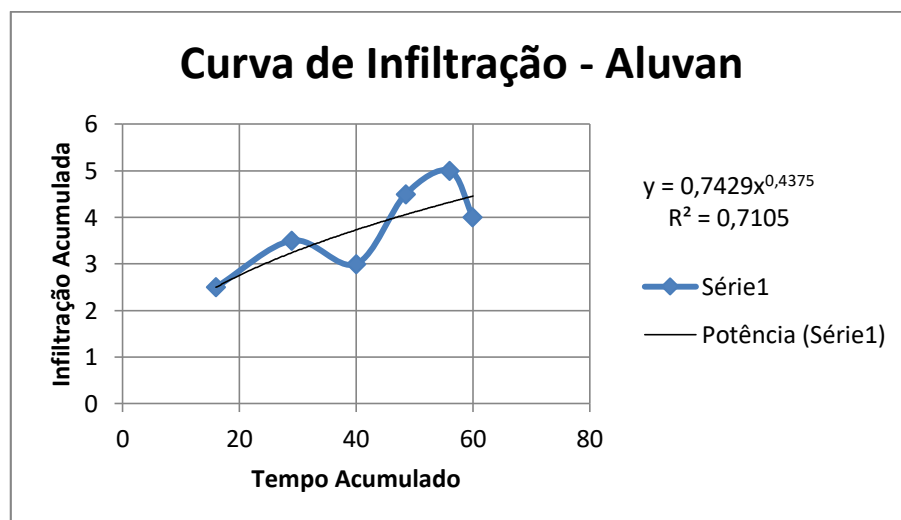
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,74288 \cdot T^{0,437505}$$

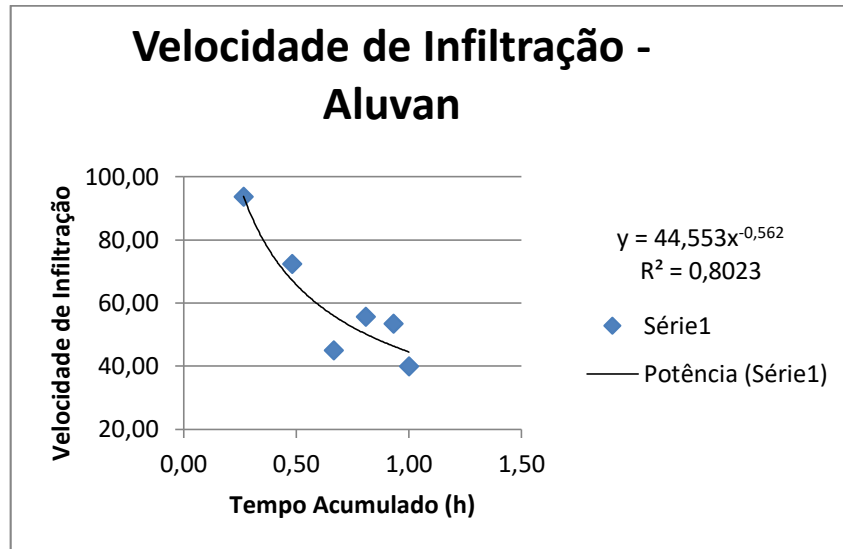
Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,12908 \cdot T^{-0,56249}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,74288 \cdot T^{-0,56249}$$





PONTO 23 MARABA

Dados Infiltração Marabá							
Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
2,58	1	0,04	232,56	0,4116	0,0000	0,1694	0,0000
5,74	2	0,10	209,06	0,7589	0,3010	0,5759	0,2285
9,65	3	0,16	186,53	0,9845	0,4771	0,9693	0,4697
13,98	4	0,23	171,67	1,1455	0,6021	1,3122	0,6897
18,31	5	0,31	163,84	1,2627	0,6990	1,5944	0,8826
23,14	6	0,39	155,57	1,3644	0,7782	1,8615	1,0617
				5,9276	2,8573	6,4827	3,3321

m	A	B	K	a
6	-0,32668	0,812707	0,471	0,812707

Forma Final da equação de Infiltração:

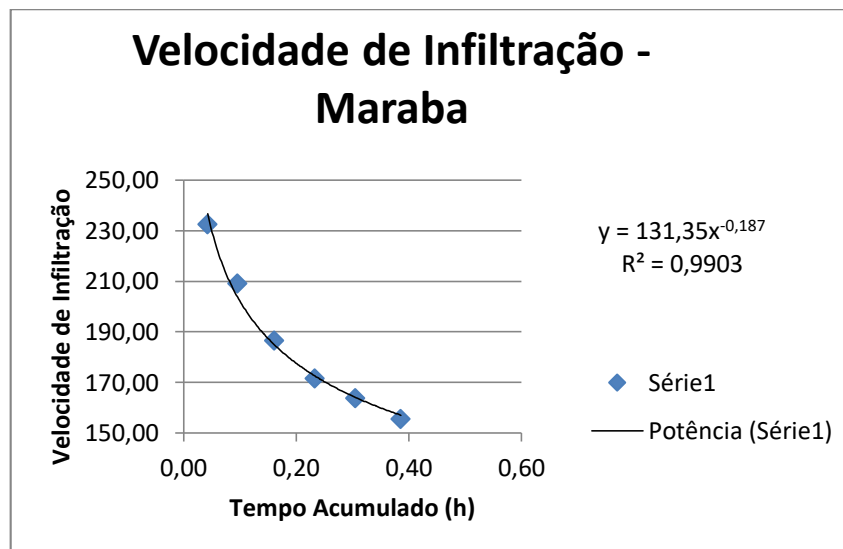
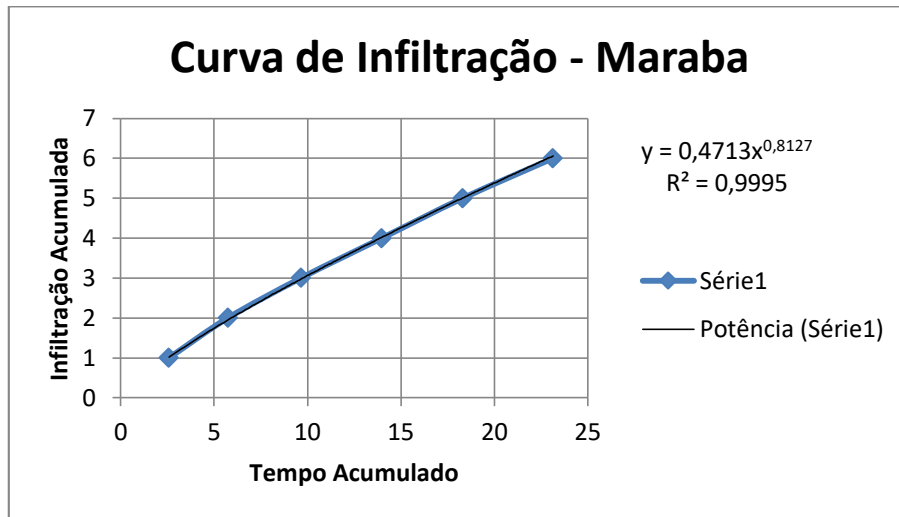
$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,471 \cdot T^{0,812707}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,32668 \cdot T^{-0,18729}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VIm = k.T^{a-1} \quad \therefore \quad VIm = 0,471.T^{-0,18729}$$



PONTO 24 PINHEIROS

Dados Infiltração Pinheiros

Tempo Acumulado (min)	Infiltração Acumulada (cm)	Tempo Acumulado (h)	Velocidade (mm/h)	X = log Tac	Y = log I	X ²	X.Y
13	3	0,22	138,46	1,1139	0,4771	1,2409	0,5315
21	4,5	0,35	128,57	1,3222	0,6532	1,7483	0,8637
28	5	0,47	107,14	1,4472	0,6990	2,0943	1,0115
32	7	0,53	131,25	1,5051	0,8451	2,2655	1,2720
35	8	0,58	137,14	1,5441	0,9031	2,3841	1,3944
37	9,5	0,62	154,05	1,5682	0,9777	2,4593	1,5333
				8,5007	4,5552	12,1923	6,6064

m	A	B	K	a
6	-0,69667	1,027588	0,20106	1,027588

Forma Final da equação de Infiltração:

$$I = k T^a \quad \therefore \quad I = 0,20106 \cdot T^{1,027588}$$

Forma Final da Equação de Velocidade Instantânea:

$$VI = A \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI = 0,69667 \cdot T^{0,027588}$$

Forma Final da Equação de Velocidade de Infiltração Média

$$VI_m = k \cdot T^{a-1} \quad \therefore \quad VI_m = 0,20106 \cdot T^{0,027588}$$

