



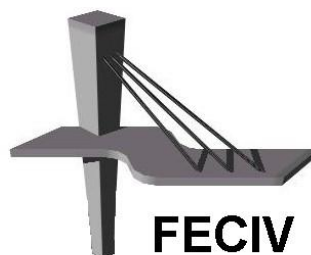
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA**

DEFESA DE MESTRADO

**SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO DE CHEIAS
EM CANAIS URBANOS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE MEANDROS
CONTROLADOS**

SANDRO MARCELLO DE SOUZA

UBERLÂNDIA, 2016



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



SANDRO MARCELLO DE SOUZA

**SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO DE CHEIAS EM
CANAIS URBANOS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE MEANDROS
CONTROLADOS**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como exigência para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho

Uberlândia / MG

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S729s
2016 Souza, Sandro Marcello de, 1961-
 Simulação da propagação de cheias em canais urbanos: análise da
 implantação de meandros controlados / Sandro Marcello de Souza. -
 2016.
 77 f. : il.

 Orientador: José Eduardo Alamy Filho.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
 Inclui bibliografia.

 1. Engenharia civil - Teses. 2. Hidrologia urbana - Teses. 3.
 Inundações - Teses. 4. Jataí, Córrego (MG) - Teses. I. Alamy Filho, José
 Eduardo, . II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-
 Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 624



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGE

ATA Nº: 159/2016

CANDIDATO: Sandro Marcello de Souza

Nº. Matrícula: 11322ECV010

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho

TÍTULO: "Simulação da propagação de cheias em canais urbanos: análise da implantação de meandros controlados"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

LINHA DE PESQUISA: Recursos Hídricos e Saneamento

PROJETO DE PESQUISA: Monitoramento, Modelagem e Simulação de Escoamentos em Aquíferos

DATA DA DEFESA: 11 de abril de 2016

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 14:00 - 16:50

Reuniu-se na **Sala de Reuniões Prof. Celso Franco de Gouvêa, bloco 1Y - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGE, assim composta: Professores Doutores: **Fernando das Graças Braga da Silva – IRN/UNIFEI; Carlos Eugênio – FECIV/UFU e José Eduardo Alamy Filho** orientador do candidato. Ressalta-se que o **Prof. Dr. Fernando das Graças Braga da Silva** participou da defesa por meio de vídeo conferência desde a cidade de Itajubá, MG e os demais membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa **Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o candidato aprovado. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.


Professor Orientador: **Prof. Dr. José Eduardo Alamy Filho – FECIV/UFU**


Membro externo: **Prof. Dr. Fernando das Graças Braga da Silva – IRN/UNIFEI**


Membro interno: **Prof. Dr. Carlos Eugênio Pereira – FECIV/UFU**

Uberlândia, 11 de abril de 2016.

*Dedico este trabalho a Etelvino e Geracy,
representantes de muito trabalho e esforço.*

*Ana Luiza e Maria Clara,
representantes de muita esperança.*

AGRADECIMENTOS

Quando se chega ao fim de uma empreitada como esta se deve agradecer a pessoas e instituições que mostraram o caminho e o tornaram menos árduo.

Agradeço a Luciana Charão, esposa, conselheira e amiga. Lu, TE AMO.

Aos novos e jovens professores da Faculdade de Engenharia Civil da UFU, na pessoa do orientador Professor Dr. José Eduardo Alamy Filho pela cordialidade e apoio.

Aos antigos professores de minha graduação agradeço pela acolhida generosa e alegre na volta a esta casa.

Ao IFTM-Campus Uberlândia nas pessoas de seu Diretor Geral, Professor Dr. Ednaldo Coutinho e Diretora de Ensino, Professora Dra. Débora Santesso pelo empenho e apoio.

Aos jovens colegas e amigos que fiz nesta etapa de minha vida. Vocês foram um exemplo de vontade e determinação.

*É pau, é pedra, é o fim do caminho
É um resto de toco, é um pouco sozinho
É um caco de vidro, é a vida, é o sol
É a noite, é a morte, é o laço, é o anzol
É peroba do campo, é o nó da madeira
Caingá, candeia, é o Matita Pereira
É madeira de vento, tombo da ribanceira
É o mistério profundo, é o queira ou não queira*

.....

*É o vento ventando, é o fim da ladeira
É a viga, é o vão, festa da cumueira
É a chuva chovendo, é conversa ribeira
Das águas de março, é o fim da canseira
É o pé, é o chão, é a marcha estradeira
Passarinho na mão, pedra de atiradeira
É uma ave no céu, é uma ave no chão
É um regato, é uma fonte, é um pedaço de pão*

.....

*É o projeto da casa, é o corpo na cama
É o carro enguiçado, é a lama, é a lama
É um passo, é uma ponte, é um sapo, é uma rã
É um resto de mato, na luz da manhã
São as águas de março fechando o verão
É a promessa de vida no teu coração*

ÁGUAS de MARÇO

Tom Jobim

SOUZA, Sandro M.. **Simulação da Propagação de Cheias em Canais Urbanos: Análise da Implantação de Meandros Controlados**. Uberlândia, 2016, 154 p.. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi simular situações de propagação de cheias urbanas na micro bacia do Córrego Jataí na cidade de Uberlândia (MG). Este estudo se deu pela simulação da implantação de meandros controlados na calha de referido curso e suas consequências para a vazão no exutório, tensão cisalhante, velocidade de escoamento, altura de lâmina de água e vazão máxima. Para tanto se procedeu a estudo geomorfológico da bacia, suas nascentes e contribuições feitas por redes pluviais implantadas, bem como, a influência da ocupação da área sob ponto de vista socioeconômico de acordo com legislação recente de classificação e caracterização territorial. A simulação incluiu a alteração do perfil e percurso do canal, bem como, sua sinuosidade. Comparações entre vários níveis de manutenção; entre material construtivo (concreto) e leito “naturalizado”. Desta forma, pode-se testar e avaliar a influência destas possibilidades técnicas sobre parâmetros como vazão, tensão cisalhante e altura de fluxo, dentre outros. Na procura por novas formas de mitigar a problemática das enchentes urbanas, retardando o escoamento e diminuindo os efeitos destrutivos tão comuns a estas situações.

Palavras-chave: Ocupação urbana. Inundações urbanas. Cidades de médio porte. Canalizações de cursos fluviais urbanos. Córrego Jataí. Simulações de enchentes.

SOUZA, Sandro M .. **Simulation of Flood Propagation in Urban Channels: Analysis of Implementation of Controlled Meanders**. Uberlândia, 2016, 154 p .. Dissertation (Master of Science). Graduate program in Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering at the Federal University of Uberlândia, Uberlândia (MG).

ABSTRACT

The objective of this work was to simulate urban flood propagation situations in micro basin Stream Jataí in Uberlândia (Minas Gerais). This study was done through simulation of the implementation of controlled meanders in the pipeline of that course and its consequences for the flow in exutório, shear stress, flow speed, blade height of water and maximum flow. For both proceeded to the geomorphological study of the basin, its sources and contributions made by implanted stormwater networks as well as the influence of the occupation of the area under socioeconomic point of view according to recent legislation classification and territorial characterization. The simulation included changing the profile and path of the channel, as well as its sinuous. Comparisons between multiple levels of service; of building material (concrete) bed and "naturalized". In this way, you can test and evaluate the influence of these technical possibilities on parameters such as flow, shear stress and flow height, among others. In the search for new ways to mitigate the problem of urban flooding, slowing the flow and reducing the destructive effects so common to these situations.

Keywords: Urban occupation. urban flooding. medium-sized cities. Plumbing urban waterways. Jataí stream. Simulations of flooding.

LISTAS DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

FIGURA 1	Alterações hidrológicas devido ao crescimento urbano	26
FIGURA 2	Elementos básicos de bacia hidrográfica	26
FIGURA 3	Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (1ª parte)	30
FIGURA 4	Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (2ª parte)	31
FIGURA 5	Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (3ª parte)	32
FIGURA 6	Esquema simplificado para entendimento das diferenças entre enchente e inundação no Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo (SP)	34
FIGURA 7	Fotografia divulgada no site do jornal A Razão de Santa Maria (RS)	35
FIGURA 8	Fotografia divulgada em blog sobre Projeto Manuelzão da Universidade Federal de Minas Gerais no ano de 2009	36
FIGURA 9	Medidas Estruturais segundo Tucci apud Simons et al (1977)	37
FIGURA 10	Fotografia divulgada em site do jornal Correio do Povo de Porto Alegre (RS) em 19/07/2011 sobre galerias construídas em Uruguaiana (RS)	38
FIGURA 11	Quadro comparativo entre medidas higienistas e alternativos na drenagem urbana	41
FIGURA 12	Fotografia divulgada no site em.com.br em 29/05/2013	42
FIGURA 13	Volume de Controle. Perfil Longitudinal	44
FIGURA 14	Volume de Controle em planta	44
FIGURA 15	Volume de Controle. Perfil Transversal	45
FIGURA 16	Simulação de enchente no Rio Taquari em Lajeado (RS)	48
FIGURA 17	Mapa de Solos do Brasil	51
FIGURA 18	Mapa de Solos do Brasil ampliado e recortado na região de Uberlândia (MG)	51

FIGURA 19	Recorte de legendas do Mapa de Solos do Brasil	52
FIGURA 20	Foto de área de implantação do Parque do Sabiá	54
FIGURA 21	Vista geral dos bairros circunvizinhos	55
FIGURA 22	Bacia do Córrego Jataí	56
FIGURA 23	Percurso do Córrego Jataí dentro do Parque do Sabiá	57
FIGURA 24	Foto do sistema de extravasamento do lago do Parque do Sabiá	58
FIGURA 25	Foto do extravasor principal do lago do Parque do Sabiá	58
FIGURA 26	Foto da régua de controle de nível no extravasor do lago	59
FIGURA 27	Foto do extravasor secundário do lago do Parque do Sabiá	59
FIGURA 28	Foto da canaleta de escoamento do lago do Parque do Sabiá	60
FIGURA 29	Percurso canalizado e retificado sob Avenida Anselmo Alves dos Santos	61
FIGURA 30	Desnível do terreno ocupado pela bacia em estudo	61
FIGURA 31	Linhas de escoamento e cotas máximas	62
FIGURA 32	Desnível do terreno ocupado pela calha do Córrego Jataí	63
FIGURA 33	Bacias de detenção e retenção	65
FIGURA 34	Foto do dispositivo de entrada na Bacia de Detenção Gran Ville	66
FIGURA 35	Foto dos dispositivos de entrada na Bacia de Detenção Prosperidade	66
FIGURA 36	Vista interna do dispositivo de saída da Bacia de Detenção Shopping	67
FIGURA 37	Foto do dispositivo de saída em ala das Bacias de Detenção Novo Mundo	67
FIGURA 38	Detalhes gerais dos dispositivos de saída	68
FIGURA 39	Classificação por Materiais Inconsolidados de Nishiyama (1998) para solos da zona urbana de Uberlândia (MG)	76
FIGURA 40	Recorte do Mapa de Materiais Inconsolidados na área de estudo	77
FIGURA 41	Recorte da legenda do Mapa de Materiais Inconsolidados na área de estudo	77
FIGURA 42	Grupos de solos e suas características propostas pelo Método da SCS/USDA	79
FIGURA 43	Condições do solo em relação à umidade antecedente	84
FIGURA 44	Macrozoneamento do Município de Uberlândia	87

FIGURA 45	Zoneamento da área urbana de Uberlândia	89
FIGURA 46	Bacia do Córrego Jataí dividida em áreas de contribuição e ocupação	94
FIGURA 47	Áreas Não Contribuintes à Bacia do Córrego Jataí	95
FIGURA 48	Áreas Contribuintes à Bacia do Córrego Jataí	97
FIGURA 49	Tubulação metálica e canaleta receptores de descarga da área A05	99
FIGURA 50	Canal em gabião lançando sobre o lago	99
FIGURA 51	Áreas de Contribuição Difusas à Bacia do Córrego Jataí	101
FIGURA 52	Gráfico das vazões afluentes e efluentes ao lago do parque	110
FIGURA 53	Corte do projeto da galeria sob Av. Anselmo Alves dos Santos	112
FIGURA 54	Pefil do canal de escoamento	116
FIGURA 55	Canteiro central da Av. Anselmo Alves dos Santos sob o qual está Construída a galeria do Córrego Jataí	117
FIGURA 56	Rotatória da Av. Anselmo Alves dos Santos com Av. Suíça e Rua Maria das Dores Dias	126
FIGURA 57	As vazões no exutório para perfis S1, S2 e S3	127
FIGURA 58	As tensões cisalhantes para perfis S1, S2 e S3	128
FIGURA 59	As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S2 e S3	129
FIGURA 60	As velocidades máximas para os perfis S1, S2 e S3	129
FIGURA 61	As vazões máximas para os perfis S1, S2 e S3	130
FIGURA 62	As vazões no exutório para perfis S1, S4 e S5	131
FIGURA 63	As tensões cisalhantes para perfis S1, S4 e S5	132
FIGURA 64	As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S4 e S5	133
FIGURA 65	As velocidades máximas para os perfis S1, S4 e S5	133
FIGURA 66	As vazões máximas para os perfis S1, S4 e S5	134
FIGURA 67	As vazões no exutório para perfis S1, S6 e S7	135
FIGURA 68	As tensões cisalhantes para perfis S1, S6 e S7	136
FIGURA 69	As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S6 e S7	137
FIGURA 70	As velocidades máximas para os perfis S1, S6 e S7	137
FIGURA 71	As vazões máximas para os perfis S1, S6 e S7	138
FIGURA 72	As vazões no exutório para perfis S1 e S8	139
FIGURA 73	As tensões cisalhantes para perfis S1 e S8	140
FIGURA 74	As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1 e S8	141

FIGURA 75	As velocidades máximas para os perfis S1 e S8	142
FIGURA 76	As vazões máximas para os perfis S1 e S8	143

TABELAS

TABELA 1	Coordenadas geográficas do Município de Uberlândia (MG)	49
TABELA 2	Variações populacionais do Município de Uberlândia (MG)	50
TABELA 3	Características das bacias de amortecimento e dispositivos estravasores	69
TABELA 4	Tempo de Trânsito entre bacias de detenção e lago do Parque do Sabiá	70
TABELA 5	Índices geomorfológicos da Sub-bacia do Córrego Jataí	74
TABELA 6	Capacidade Mínima de Infiltração conforme o grupo de solo	80
TABELA 7	Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas	83
TABELA 8	Limites de cinco dias de chuva antecedente em relação ao período latente e período de crescimento	84
TABELA 9	Ajustamento do número de curva CN da condição normal (II) para condição de solo seco (I) e solo úmido (III)	85
TABELA 10	Características das Áreas de Contribuição e pontos de captação	93
TABELA 11	Tempos de Concentração de bacias contribuintes (1ª parte)	102
TABELA 12	Tempos de Concentração de bacias contribuintes (2ª parte)	103
TABELA 13	Resultados de equações de intensidade-duração-frequência de chuvas	105
TABELA 14	Planilha de cálculo do Método Santa Bárbara para a área A31 que descarrega sua vazão em 14 pontos (Bocas-de-lobo)	106
TABELA 15	Vazões afluentes e efluentes das Bacias de Detenção	109
TABELA 16	Vazões lançadas na galeria sob a Av. Anselmo Alves do Santos	111
TABELA 17	Características de Escoamento na galeria em concreto até cinquenta centímetros de lâmina de água	113
TABELA 18	Características Geométricas do perfil simulado S1	118
TABELA 19	Características Geométricas do perfil simulado S2	119
TABELA 20	Características Geométricas do perfil simulado S3	120

TABELA 21	Características Geométricas do perfil simulado S4	121
TABELA 22	Características Geométricas do perfil simulado S5	122
TABELA 23	Características Geométricas do perfil simulado S6	123
TABELA 24	Características Geométricas do perfil simulado S7	124
TABELA 25	Características Geométricas do perfil simulado S8	125

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

SÍMBOLOS

ha	hectare
mm	milímetro
h	hora
K	Coeficiente de Ajuste
C	Coeficiente de Escoamento Superficial
i	Intensidade de Precipitação
A	Área da Bacia de Estudo
Km²	quilometro quadrado
Q	Vazão ou caudal (metro cúbico por segundo)
m	metros
m³/s	metros cúbicos por segundo
m/s	metros por segundo
g/cm³	gramas por centímetro cúbico
mm/h	milímetro por hora
m²	metro quadrado
m³	metro cúbico
Km	quilômetro
Tr	Tempo de retorno
Tc	Tempo de concentração
min	minutos
h_{lam}	Altura da lâmina de água (metro)
P_m	Perímetro molhado (metro)
A_m	Área molhada (metro quadrado)
R_h	Raio hidráulico (metro)
V	Velocidade de escoamento (metro por segundo)
n	Coeficiente de rugosidade de Manning

KPa Kilopascal (1000 Newtons/ metro quadrado)

ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Área Impermeabilizada
Av.	Avenida
ANA	Agência Nacional das Águas
BD	Bacia de Detenção/ Retenção/ Amortecimento
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CN	Número de Curva
CREA	Conselho regional de Engenharia e Agronomia
DH	Densidade Habitacional
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
hab.	Habitante
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG/UFU	Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia
MG	Estado de Minas Gerais
MNT	Mapa Natural do Terreno
ONG	Organização Não Governamental
PMMG	Polícia Militar de Minas Gerais
PMU	Prefeitura Municipal de Uberlândia
RS	Estado do Rio Grande do Sul
SCS	U.S. Soil Conservation Service
SEPLAN/PMU	Secretaria de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Uberlândia
SI	Sistema Internacional de Unidades
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMO/PMU	Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Uberlândia
SP	Estado de São Paulo
SPAE	Sistema de Prevenção e Alerta de Enchentes do Rio Grande do Sul
SPT	Standard Penetration Test

UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
USDA	U.S. Department of Agriculture
VBA	Visual Basic Application



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	JUSTIFICATIVA	22
3	OBJETIVOS	24
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
4.1	Fatores Influentes nas Características Hidrológicas de Bacias Hidrográficas	25
4.2	A Bacia Hidrográfica e seus Elementos	26
4.3	Tempo de Concentração	27
4.4	Inundações Urbana e Ocupação	33
4.5	Retificações de Canais e Transferência de Enchentes	37
4.6	Reinserções de Canais Urbanos	39
4.7	Quantificações de Escoamento e Simulações de Enchentes	41
4.7.1	<i>Métodos para Quantificações de Escoamento</i>	42
4.8	Utilização de Geoprocessamento	46
5	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
5.1	Informações Geoeconômicas do Município de Uberlândia	49
5.2	Aspectos Demográficos do Município de Uberlândia	50
5.3	Solos e Vegetação do Município de Uberlândia	50
5.4	Características Hidrográficas do Município de Uberlândia	53
5.5	A Bacia do Córrego Jataí	53
5.6	As Bacias de Detenção e Retenção	63
6	DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA	71
6.1	Características Geomorfológicas da Bacia do Córrego Jataí	71
6.2	Método do Número de Curva CN do Soil Conservation Service (SCS)	78
6.3	Ocupação e Uso do Solo na Área de Estudo	86
7	PROCEDIMENTOS	91
7.1	Classificações de Solos da Bacia do Córrego Jataí	91
7.2	Classificações de Ocupação de Áreas da Bacia do Córrego Jataí	92

7.3	Determinações dos Tempos de Concentração	101
7.4	Parâmetros Hidrológicos da Bacia de Estudo	104
7.5	Vazões e Hidrogramas	105
7.6	Amortecimentos de Vazões	107
7.6.1	<i>Amortecimento em Bacias de Detenção e Lago do Parque Sabiá</i>	107
7.7	A galeria construída e a Fórmula de Manning	112
8	SIMULAÇÕES E RESULTADOS	115
8.1	O Programa de Simulações	115
8.2	Perfis de Simulações	118
8.3	Influência das Condições de Manutenção da Galeria	126
8.3.1	<i>As Vazões no Exutório</i>	127
8.3.2	<i>As Tensões Cisalhantes</i>	128
8.3.3	<i>As Alturas Máximas da Lâmina de Água</i>	128
8.3.4	<i>As Velocidades Máximas</i>	129
8.3.5	<i>As Vazões Máximas</i>	130
8.4	Influência da Sinuosidade e Redução da Declividade	130
8.4.1	<i>As Vazões no Exutório</i>	131
8.4.2	<i>As Tensões Cisalhantes</i>	132
8.4.3	<i>As Alturas Máximas da Lâmina de Água</i>	132
8.4.4	<i>As Velocidades Máximas</i>	133
8.4.5	<i>As Vazões Máximas</i>	134
8.5	Estudo de Proposta de Implantação de Dispositivos e Situações Construtivas que Provoquem Retardamento de Fluxo e Dissipação de Energia Sob a Rotatória da Avenida Anselmo Alves dos Santos com Avenida Suíça e Rua Maria das Dores Dias	134
8.5.1	<i>As Vazões no Exutório</i>	135
8.5.2	<i>As Tensões Cisalhantes</i>	135
8.5.3	<i>As Alturas Máximas da Lâmina de Água</i>	136
8.5.4	<i>As Velocidades Máximas</i>	137
8.5.5	<i>As Vazões Máximas</i>	138
8.6	Influência da Retificação e Alteração de Seção Natural	138
8.6.1	<i>As Vazões no Exutório</i>	139
8.6.2	<i>As Tensões Cisalhantes</i>	140

8.6.3	<i>As Alturas Máximas da Lâmina de Água</i>	140
8.6.4	<i>As Velocidades Máximas</i>	141
8.6.5	<i>As Vazões Máximas</i>	142
9	CONCLUSÕES FINAIS	144
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras, como muitas outras, se estabeleceram em regiões próximas ao litoral ou, próximas a rios, regiões onde há abundância ou facilidade de obtenção de água. Analisado o aspecto econômico, têm-se o fato de que, a elevação do valor da terra fez com que as regiões de várzea de rios fossem ocupadas por populações mais pobres.

Posteriormente, a expansão urbana viu nestas áreas a possibilidade de ocupação e valorização imobiliária. Assim, rios foram retificados e, a partir dos anos de 1950, com a expansão da indústria automotiva foram criadas vias de tráfego rápido justamente em suas margens, agora, urbanizadas.

Em consequência destas formas de ocupação das regiões abundantes em recursos hídricos, apresenta-se o fato de que, essas áreas naturalmente são alagadas todos os anos, um fenômeno quase impossível de controlar. Uma alternativa seria a desocupação destas áreas e, posteriormente, a criação de parques lineares e áreas de retenção de água da chuva. Mas, tal alternativa contraria a lógica imobiliário-desenvolvimentista dos administradores das cidades brasileiras e seus financiadores de campanha eleitoral.

A cultura da impermeabilização, como sinônimo de limpeza e saneamento, retira do meio urbano sua capacidade de reter águas de chuva, é uma das principais causas das enchentes nas cidades.

A falta de preocupação com a erosão de terrenos desocupados faz com que volumes enormes de sedimentos afluam ao sistema de drenagem urbana reduzindo sua já comprometida capacidade de vazão. A erosão nos centros urbanos é um problema grave potencializado pela especulação imobiliária descontrolada, em que terrenos são terraplanados sem qualquer

exigência no sentido de adequação do projeto ao terreno (não o contrário) ou cuidados durante a movimentação de terras.

Soma-se a isto a enorme quantidade de materiais sólidos e lixo lançados inadequadamente em vias públicas ou áreas desocupadas destinadas à valorização imobiliária

Percebe-se a relação entre problemas ambientais que afetam os mais pobres de forma mais contundente. Em decorrência disto, faz-se urgente a tomada de uma nova postura perante este panorama.

O estudo e gestão das bacias hidrográficas urbanas passam a ser indispensável para o entendimento da gestão territorial urbana. Várias cidades discutem e implantam projetos de gestão dos recursos hídricos urbanos associados aos planos de uso e ocupação de solos.

A proposta desse trabalho encontra-se baseada na determinação de fatores influentes e na previsão e dimensionamento de efeitos de enchentes em meios urbanos de crescimento demográfico acelerado a nível nacional e/ou regional em particular na cidade de Uberlândia (MG).

Com o intuito de desenvolver tal proposta procurou-se por parâmetros norteadores na bibliografia existente como fonte para o embasamento teórico, previsão, caracterização e estudo do comportamento de cursos de água urbanos submetidos a alterações em suas características físicas de escoamento e infiltração pelo solo. O ambiente de estudo é a bacia do Córrego Jataí na cidade de Uberlândia (MG).

CAPÍTULO 2

JUSTIFICATIVA

Com a chegada do verão, a população dos grandes centros urbanos brasileiros se prepara para mais um período de caos. As chuvas que todo ano se repetem, com mais ou menos intensidade, destroem moradias e obras públicas. É neste momento que aparecem especialistas para explicar o fenômeno natural responsável por elevar o índice pluviométrico e apontar melhores opções que não foram assumidas ou concretizadas. Assim, o movimento se repete, ano a ano. As enchentes recorrentes, os estragos cíclicos e o aquecimento global estão aí para tomar essa questão ainda mais complexa.

Gestores urbanos tomam medidas paliativas e a população espera que se resolva o problema das enchentes. Somado a isso se têm a total incapacidade administrativa em estabelecer regras e fiscalizar o lançamento irregular do entulho de construção civil e do lixo urbano em vias públicas, o que resulta na redução da capacidade de vazão do sistema de drenagem urbano.

Importante mencionar Tucci (2004), que acrescenta:

Na medida em que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural. Esta inundação é devido à urbanização ou drenagem urbana. (TUCCI, 2004)

O que se apresenta é um quadro complexo que torna a resolução do problema um desafio. Neste ponto faz-se necessário enumerar alguns elementos inerentes ao quadro:

- O interesse de empreiteiras na manutenção do problema visto ser uma fonte de lucros a situação permanente de obras anunciadas como solucionadoras;
 - A ideia corrente entre a população de que a resolução do problema se dará por grandes obras;
-

- Ao acelerar o escoamento da água transfere-se o problema para jusante em maior volume e velocidade;

Para mudar esta realidade, em primeiro lugar, seria preciso desestruturar a rede de interesses que ganha com o quadro atual. Essa rede oferece resistência a qualquer proposição que venha afetar ou transtornar a normalidade de ganhos de toda ordem construída ao longo de anos. Estas são culturas ultrapassadas e precisam ser revistas o quanto antes. É preciso reverter a política de escoamento rápido da água e adotar uma engenharia pública voltada para a resolução definitiva ou desenvolvimento de mecanismo de adequação e aproveitamento das águas da chuva.

O Termo de Referência para Elaboração de Plano Diretor de Águas Pluviais Urbanas (2011), criado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, critica a retificação de rios e ampliação da impermeabilização do solo. O documento, usado para seleção de projetos de drenagem a serem financiados pela União, estabelece como prioridade do Programa Drenagem Urbana Sustentável: o controle da impermeabilização, a restrição da ocupação de áreas de recarga, várzeas e áreas frágeis, implantação de dispositivos de infiltração ou reservatórios de amortecimento em vez de obras de aceleração e afastamento das águas pluviais (canalização).

Mas, apesar de setores da gestão pública estarem atentos à necessidade de revisão dos parâmetros de engenharia usados para pensar a drenagem, em termos práticos a mudança será lenta, mas espera-se que seja contínua e persistente.

CAPÍTULO 3

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é investigar os fatores influentes no escoamento pluvial em área urbanizada, bem como, efetuar levantamento das características da micro bacia do Córrego Jataí em Uberlândia (MG).

Como um dos objetivos específicos, procurou-se caracterizar os efeitos a médio e curto prazo da implantação de projetos que procuram retardar o escoamento pluvial através da implantação de meandros controlados em substituição à galeria fechada em concreto existente no Córrego Jataí da Bacia do Rio Uberabinha na zona urbana de Uberlândia (MG).

A substituição do concreto como material construtivo por outros que promovam o retardamento do fluxo e maior infiltração ou manutenção de terreno natural com preservação de vegetação foram testados em programa de simulação de condições de enchentes urbanas.

Outro objetivo específico foi propor parâmetros de análise futura para implantação de projetos sob nova perspectiva de escoamento pluvial visando priorizar ao máximo a preservação das características do curso natural.

Foram levantados parâmetros de comparação entre projetos implantados e projetos elaborados sob a visão do escoamento com retenção e absorção.

CAPÍTULO 4

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O conhecimento sobre bacias hidrográficas e seus elementos sempre ficou restrito ao meio acadêmico ou a entidades e empresas que atuam no setor. No entanto, nos últimos tempos, o interesse neste estudo aumentou na proporção em que cresceu a percepção de que os recursos hídricos de qualidade estão cada vez mais escassos.

Os efeitos das chuvas em excesso ou sua falta são sentidos pela população e causam transtornos e prejuízos. Para a perfeita explicação do processo gerador e difusor de enchentes urbanas deve-se procurar entender seus mecanismos e fatores influentes.

4.1 Fatores Influentes nas Características Hidrológicas de Bacias Hidrográficas

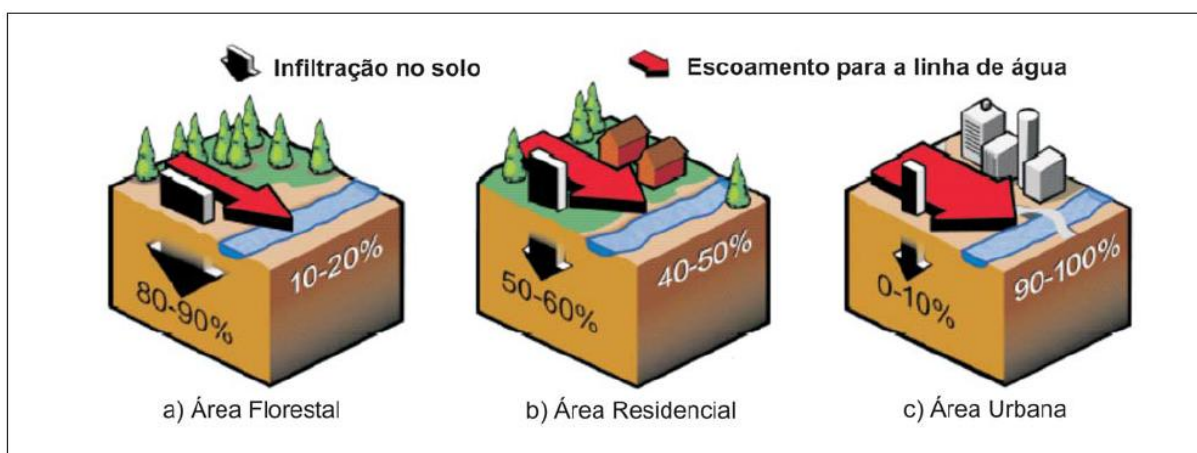
Os Modelos Hidrológicos procuram explicar e delimitar o comportamento de cheias em áreas de estudo definidas por sua ocupação e importância social/econômica/ambiental. Para tanto se valem de parâmetros que caracterizam estas bacias.

Da precipitação que atinge o solo, parte fica retida em depressões onde se infiltra ou escoam superficialmente. Pode ocorrer que a água infiltrada venha, posteriormente, aflorar na superfície como fonte para novo escoamento superficial em nascentes.

Áreas com vegetação nativa apresentam taxas de infiltração superiores a 80%, ou seja, boa parte da precipitação alimenta os depósitos aquíferos (sub-superficial e profundo). Em áreas urbanizadas essa taxa cai abaixo de 10% e como consequência têm-se maiores taxas de escoamento superficial.

Mata-Lima (2007) apresenta esquema elucidativo do comportamento hidrológico de precipitações em áreas sem urbanização, urbanizadas parcialmente e totalmente urbanizadas na Figura 1.

Figura 1 – Alterações hidrológicas devido ao crescimento urbano.



Fonte: Mata-Lima (2007)

Fica evidente que diversos fatores influem na análise hidrológica de uma área. A tipologia do solo; profundidade do aquífero; ocorrência e características da vegetação; taxa e formas de ocupação da área em estudo; condições climáticas, de forma geral, e características da precipitação, de forma específica.

4.2 A Bacia Hidrográfica e seus Elementos

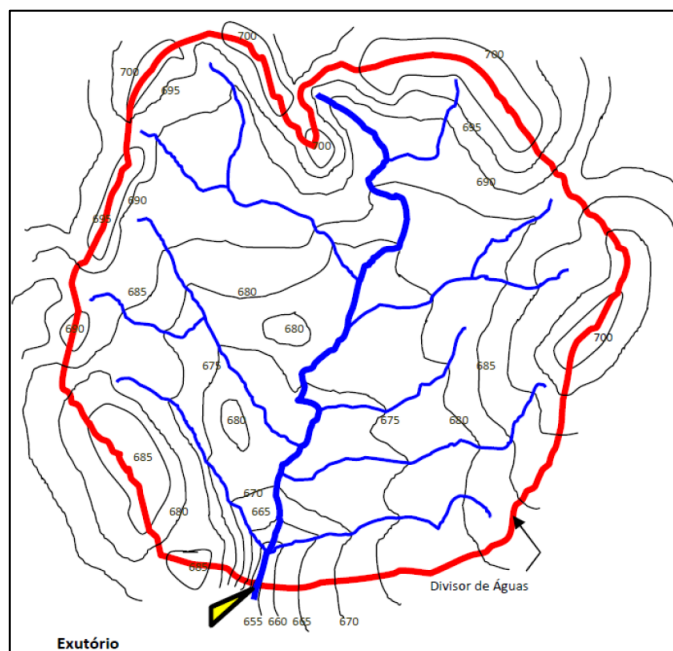
Para construção conceitual deste trabalho serão tomadas definições e observações sobre bacias hidrográficas e seus elementos.

Finkler (2014) em material disponibilizado eletronicamente no site da Agência Nacional das Águas (ANA) define bacia hidrográfica como “... área de captação natural da água de precipitação da chuva que converge os escoamentos para um único ponto de saída. Este ponto de saída é denominado *exutório*. ”

A determinação da área da bacia, assim como, seus limites, curvas de nível e declividades são índices de importância para a caracterização físico-morfológica deste espaço como unidade básica de estudos hidrológicos.

A Figura 2 mostra os elementos básicos aqui apresentados, como curvas de nível, exutório e limites da bacia.

Figura 2 – Elementos básicos de bacia hidrográfica



Fonte: <http://eadana.hospedagemdesites.ws/>

Sobre Área de Bacia, pode-se acrescentar:

...fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, uma vez que o seu valor multiplicado pela lamina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. É obtida através da projeção vertical da linha do divisor de águas sobre o plano horizontal... é expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²) e pode ser obtida por planimetragem de mapas ou por cálculos a partir de mapas digitalizados, utilizando ferramentas computacionais de SIG (Sistemas de Informações Geográficas). (TUCCI, 2004, p. 46 apud FINKLER, 2014, p. 10 e 11).

Outro fator a considerar é a Declividade. A modelagem do escoamento superficial depende deste fator. Em geral consiste na razão entre a diferença de cotas (altitudes) e a distância percorrida pela água precipitada. (TUCCI, 2004, p. 47 apud FINKLER, 2014, p. 11).

4.3 Tempo de Concentração

Entre as características de uma bacia hidrográfica destaca-se o Tempo de Concentração. Tomaz (2002) faz definições:

Tempo de concentração é o tempo em que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada [...] O tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia. (TOMAZ, 2002, p116).

O tempo de concentração recebe influência de fatores como a forma da bacia; sua declividade média; sinuosidade; declividade e volume precipitado, entre outros. Vários autores desenvolveram fórmulas para seu cálculo. A grande maioria leva em conta a declividade do curso principal e a área da bacia como fatores principais. A mais adequada depende das condições específicas para as quais foi gerada e sua utilização. (ARAÚJO, 2013, p. 2).

Por sua vez, Tomaz (2002) desenvolve extenso estudo onde mostra o cálculo do Método Cinemático (Velocidades) que considera a presença de canaletas, valas, tubos e canais no cálculo da velocidade de escoamento, além de Rugosidade de Manning e Raio Hidráulico aplicados a vários tipos de usos de solo.

Mata-Lima (2007) define Tempo de Concentração como: "... tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até secção de referência. ”

Neste trabalho Mata-Lima (2007) separa os métodos de cálculo do Tempo de Concentração em Métodos Estritamente Empíricos e Métodos Semi-Empíricos. Estes levam em conta a heterogeneidade espacial-temporal da bacia e tendem a conduzir a resultados mais condizentes com a realidade por incluírem parâmetros variáveis e dependentes da estrutura ocupacional da bacia.

Segundo Mata-Lima (2007) os Métodos Estritamente Empíricos apresentam as seguintes características:

Resultam da análise estatística de grandes volumes de informação de campo que conduzem à obtenção de equações de regressão. Esses métodos baseiam-se no estabelecimento de uma relação entre o tempo de concentração e as características fisiográficas da bacia através da análise de regressão linear múltipla, o que leva a que a sua aplicação seja mais segura em situações que estiveram na base do seu desenvolvimento. São, por isso, métodos rígidos e estáticos, que não consideram a variabilidade espacial e temporal da bacia. Porém são métodos expeditos (não exigem dados de entrada detalhados), importantes para a fase preliminar do estudo (estudo prévio ou anteprojeto) de uma dada bacia (MATA-LIMA, 2007).

Germano e Tucci (1998) apresentam o Modelo IPH II composto de algoritmos para 1) Perdas através de evaporação e interceptação; 2) Separação de escoamentos; 3) Propagação dos escoamentos superficiais e 4) Propagação subterrânea. No caso específico do Algoritmo de Escoamento Superficial são apresentados parâmetros, fórmulas e considerações sobre o desenvolvimento da metodologia. O Tempo de Concentração é apresentado entre os parâmetros ajustados.

Neste trabalho, serão utilizados os métodos e fórmulas mais adequados ao meio urbano e características da Bacia do Córrego Jataí em Uberlândia (MG). Aí se encontram casos de escoamento superficial em ruas asfaltadas com sarjetas em cimento ciclópico; escoamento em terrenos com vegetação periodicamente podada; escoamento em tubulações de concreto; amortecimento em bacias de detenção; áreas urbanizadas com taxas de impermeabilização variadas e parque urbano com lago usado como retenção. Todos descarregam em galeria construída em concreto armado. Pode-se elaborar um quadro-resumo dos principais métodos e suas características, como apresentado nas Figuras 3, 4 e 5.

Figura 3 – Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (1ª parte)

N	AUTOR/ANO	EQUAÇÃO	TERMOS e UNIDADES	COMENTÁRIOS	FONTE
1	KIRPICH (1940)	$t_c = 57 \cdot (L^3/H)^{0,385} \quad (A)$	L: comprimento do curso (Km) H: diferença de cotas (m) S: declividade equivalente (m/Km)	- bacias rurais até 0,5 Km ² - declividade de 3 a 10% - multiplicar por 0,4 quando escoar sobre asfalto ou concreto	(I)
2	CTH	$t_c = 57 \cdot (L^2/S)^{0,385} \quad (B)$	tc: tempo de concentração (min)	- multiplicar por 0,2 quando o canal for de concreto revestido	(II) (D)
3	BRANSBY- WILLIAMS (1998)	$t_c = 58,5 \times L / (A^{0,1} \times S^{0,20})$	L: comprimento do talvegue (Km) A: área da bacia (Km ²) S: declividade equivalente (m/Km) tc: tempo de concentração (min)	- especialmente recomendado para bacias rurais	(I) (II) (D)
4	SCHAAKE (1976)	$t_c = (0,67 \times L^{0,24}) / (S^{0,16} \times \alpha^{0,26})$	L: comprimento do curso (m) S: declividade média (m/m) α : porcentagem impermeável (%) tc: tempo de concentração (min)	- aplicável a bacias urbanas, incluindo ruas pavimentadas com sarjetas ao longo do passeio	(I) (II) (D)
5	PICKERING/ BRISA (1974)	$t_c = \left(\frac{0,871 L^3}{H} \right)^{0,385}$	L: comprimento do talvegue (Km) H: diferença de cotas (m) tc: tempo de concentração (h)	- método equivalente a Kirpich	(II) (D)

Continua

Figura 4 – Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (2ª parte)

Continuação				
N	AUTOR/ANO	EQUAÇÃO	TERMOS e UNIDADES	COMENTÁRIOS
6	VENTURA/ IEP (2001)	$t_c = 240 \sqrt{\frac{AL}{H}}$	L: comprimento do talvegue (Km) A: área da bacia (Km ²) H: diferença de cotas (m) tc: tempo de concentração (min)	- bacias naturais com tc superior a 5 minutos (II) (D)
7	PICKING/ LANÇA (2000)	$t_c = 0.088333 \left(\frac{L^2}{i} \right)^{0.333}$	L: comprimento da linha de água principal (Km) i: declividade (m/m) tc: tempo de concentração (h)	(II) (D)
8	VEM TE CHOW (1962)	$t_c = 0.8773 \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.64}$	L: comprimento da linha de água principal (Km) i: declividade (m/km) tc: tempo de concentração (h)	(II) (D)
9	DAVID (1976)	$tc = 0,000324 L^{1,15} / (\Delta h)^{0,38}$	L: comprimento do talvegue (Km) H: diferença de cotas (m) tc: tempo de concentração (h)	- para bacias com área inferior a 25 Km ² (II) (D)
10	GERMANO (1998)	$T_c = 18,628 \frac{L^{0,882}}{IMP^{0,272}}$	L: comprimento da bacia (m) IMP: impermeabilização da área analisada (%) tc: tempo de concentração (min)	(III)

Figura 5 – Quadro-resumo de equações de Tempo de Concentração (3ª parte)

Conclusão					
N	AUTOR/ANO	EQUAÇÃO	TERMOS e UNIDADES	COMENTÁRIOS	FONTE
11	SCS Lag (1972 e 1986)	$t_{lag} = \frac{2.587 L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 i^{0.5}}$ $t_c = t_{lag}/0.6$	Tlag: tempo de atraso da bacia (h) L: comprimento da bacia (m) CN: número de escoamento i: declividade média (%) tc: tempo de concentração (h)	- bacias homogêneas não-urbanas de até 810 ha - reflete essencialmente escoamento concentrado	(II) (E)
12	SCS (1975)	$t_c = \frac{L}{k \sqrt{i}}$	L: comprimento da bacia (m) i: declividade média (m/m) K: coeficiente relacionado ao tipo de ocupação do solo (m/min) tc: tempo de concentração (h)	- recomendado pelo Departamento de transportes de Washington (WSDOT)	(II) (E)
O	(A) proposta pelo Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (CTH)				
B	(B) proposta pelo Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (CTH)				
S.	(C) recomendada pelo Departamento de Água, Esgoto e Energia de São Paulo (DAEE)				
	(D) classificado por Mata-Lima (2007) como Método Estritamente Empírico				
	(E) classificado por Mata-Lima (2007) como Método Semi - Empírico				
FONTES: (I) TOMAZ (2002); (II) MATA-LIMA (2007) e (III) GERMANO e TUCCI (1998)					

4.4 Inundações Urbanas e Ocupação

O processo de urbanização da população mundial e brasileira, em particular, no último século encontrou cidades despreparadas para receber e proporcionar condições mínimas às pessoas que para lá afluíram. Essa população se viu obrigada a ocupar áreas desvalorizadas como margens de córregos e rios próximos às cidades.

Inundações urbanas são decorrentes de processos de inundação ribeirinha e inundação devido à urbanização (Tucci apud Justino, 2004).

Justino (2004) salienta que a impermeabilização do solo é efeito direto da urbanização e cita Motta Jr e Tucci (1984); Tucci et al e Campana e Tucci (1994) que chegaram à conclusão de que, para densidades menores que 120 hab./ha, o percentual de impermeabilização (AI) é $AI = 0,00489 \times DH$, sendo DH a densidade habitacional, em habitante por hectare. Para densidades superiores ocorre estabilização em torno de 65%.

Quando se fala de cursos de água deve-se diferenciar enchente (cheia) de inundação. Todo curso sofre aumento de área ocupada ao ser atingido por chuvas. Quando este aumento de área se restringe ao canal chama-se enchente. A inundação corresponde à ocupação de áreas marginais e várzea.

Esta confusão é comum. Por isto, vários órgãos procuram esclarecer a população da melhor forma possível utilizando blogs, TV e impressos distribuídos ao público. O Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo (SP) apresenta esquema simplificado no sentido de esclarecer a população como apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Esquema simplificado para entendimento das diferenças entre enchente e inundação no Blog da Defesa Civil de São Bernardo do Campo (SP).



Fonte: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>>

Segundo Tucci (2003), rios possuem dois leitos, o leito menor é onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior que corresponde àquele inundado com risco geralmente entre 1,5 e 2 anos. O impacto provocado pela inundação se dá quando a população ocupa o leito maior.

Quando a ocupação se dá em área de várzea ou planície de inundação a população aí instalada passará por transtornos no período chuvoso. Cenas mostradas na TV ou fotografias causam comoção pública.

Figura 7 – Fotografia divulgada no site do jornal A Razão de Santa Maria (RS).



Fonte: < <https://www.arazao.com.br/noticia/71989/chuvas-alagamentos-e-enchentes-vai-chover-muito-ate-2016/> >

À medida que a cidade cresce necessita de novos espaços e avança sobre áreas ocupadas próximas a cursos de água. Geralmente, as margens são usadas na construção de vias de tráfego e edificações de uso comercial ou residencial.

Nestas áreas, o escoamento pluvial deve ser o mais rápido possível para que a precipitação seja lançada em curto prazo sobre o córrego ou rio mais próximo. Soma-se a isto o alto grau de impermeabilização de áreas públicas (ruas, avenidas e parques), bem como, áreas particulares e obtêm-se o quadro atual na maioria das cidades brasileiras.

Assim, pode-se afirmar que o processo de crescimento e urbanização provoca, segundo Tucci (2003):

- Aumento das vazões máximas;
- Redução da infiltração no solo;
- Aumento da produção de sedimentos;
- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea

Órgãos públicos e particulares, como Organizações Não-Governamentais (ONG), estudam a dinâmica desse processo na tentativa de contribuir para minimizar os efeitos e perdas provocados por inundações. A Figura 8 mostra fotografia divulgada em site do Projeto Manuelzão da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) onde é tratada a enchente do Ribeirão Arrudas na zona urbana de Belo Horizonte (MG).

Figura 8 – Fotografia divulgada em blog sobre Projeto Manuelzão da Universidade Federal de Minas Gerais no ano de 2009.



Fonte: <http://www.manuelzao.ufmg.br/sobre_o_projeto/posicionamento/enchentes>

Tucci (2003) classifica as medidas de controle de inundações como estruturais e não estruturais. Aquelas modificam o sistema pluvial no sentido de evitar os prejuízos decorrentes das enchentes. Estas equivalem a medidas que visam melhorar a convivência da população com as enchentes.

As medidas estruturais correspondem a obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. São subdivididas em extensivas ou intensivas. As medidas extensivas agem sobre a bacia alterando as relações entre precipitação e vazão. As medidas intensivas agem sobre o rio e podem acelerar ou retardar o escoamento.

Na Figura 9 são apresentadas medidas estruturais citadas por Tucci apud Simons et al (1977).

Figura 9 – Medidas Estruturais segundo Tucci apud Simons et al (1977).

MEDIDA	VANTAGEM	DESVANTAGEM	APLICAÇÃO
MEDIDAS EXTENSIVAS			
COBERTURA VEGETAL	Redução do pico da cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
CONTROLE DE PERDA	Reduz assoreamento	Idem ao anterior	Pequenas bacias
MEDIDAS INTENSIVAS			
DIQUES E POLDERS	Alto grau de proteção da área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
MELHORIA DO CANAL			
REDUÇÃO DA RUGOSIDADE POR DESOBSTRUÇÃO	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
CORTE DE MEANDRO	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
RESERVATÓRIO			
TODOS RESERVATÓRIOS	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
RESERVATÓRIOS COM COMPORTAS	Mais eficiente com mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
RESERVATÓRIOS PARA CHEIAS	Operação com mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
MUDANÇA DE CANAL			
CAMINHO DE CHEIA	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
DESVIOS	Reduz vazão do canal principal	Idem ao anterior	Bacias médias e grandes

Fonte: Tucci apud Simons et al (1977)

Neste cenário surge a proposta de tornar o escoamento pluvial mais lento ao mesmo tempo em que maiores áreas devem ser disponibilizadas à absorção de águas precipitadas.

4.5 Retificações de Canais e Transferência de Enchentes

À medida que o solo é impermeabilizado, por cidadãos em suas residências e prefeituras pavimentam vias e logradouros, perde-se a capacidade de infiltração e a água escoar para o

sistema de drenagem que não suporta e inunda áreas próximas. Este tipo de inundação é devido à urbanização.

Esta tendência se acentua quando o sistema de escoamento é construído com a função de torná-lo o mais rápido possível. A retificação de canais se insere neste contexto de forma a promover a máxima velocidade de escoamento. São considerados eficientes até a ocorrência de enchente que mostre a fragilidade do projeto.

O escoamento rápido se apresentou como eficiente na medida em que é a própria consequência da impermeabilização de espaços urbanos, ou seja, leva rapidamente para longe a precipitação mantendo a visão higienista da resolução do problema. Na verdade, ocorre transferência de enchentes de bacias mais altas para bacias receptoras que terão sua vazão aumentada várias vezes e não suportarão tal solicitação vindo a transbordar causando pânico e prejuízos.

A Figura 10 mostra construção de galerias em Uruguaiana (RS) para escoamento pluvial.

Figura 10 – Fotografia divulgada em site do jornal Correio do Povo de Porto Alegre (RS) em 19/07/2011 sobre galerias construídas em Uruguaiana (RS).



Fonte: <http://correiodopovo.com.br/blogs/cidades/?p=380>

Esta abordagem deixa a impressão de resolução do problema de escoamento pluvial uma vez que se transferem grandes volumes de água para outras áreas. No entanto, ocorre a transferência do problema, e não sua resolução.

4.6 Reinserções de Canais Urbanos

A visão higienista para a resolução da problemática do escoamento pluvial propõe que cursos de água urbanos não devem interferir negativamente na paisagem urbana, ou seja, devem desaparecer desta. A construção de canais e galerias, bem como, a retificação faz parte do receituário dessa concepção. O córrego escondido sob avenidas e praças torna a cidade mais limpa, urbanizada e moderna.

Obras hidráulicas, geralmente de grande vulto, alteram o perfil fluvial. O aumento da capacidade de vazão reduz efeitos de transbordamento das cheias médias, porém permanecem as grandes enchentes. No entanto, esta forma de encarar o problema tem se mostrado ineficiente e gerador de novos problemas.

Ao dar espaço a ocupação de margens dos cursos urbanos cria-se uma série de alterações na dinâmica como destruição da mata ciliar e a impermeabilização do solo que impede a infiltração da água e leva aos canais artificiais a oferecerem menor resistência ao escoamento e maiores velocidades. (Tucci apud Calderari, 2012; p. 23-28).

Novas abordagens surgem para tentar reverter a situação. Dentre elas se destaca aquela que propõe que as águas pluviais sejam retardadas em seu fluxo melhorando a infiltração a partir das unidades residenciais, como também, nos espaços públicos.

Outra abordagem é aquela dirigida à reinserção urbana de rios e córregos. Entende-se por reinserção como a proposta de recuperar as condições adequadas dos cursos de água que sofreram modificações profundas em seus perfis na adequação ao meio urbano sem colocar em risco a estrutura viária ou causar desvantagem para a população. (Gorski, 2008. P. 42-44)

Neste processo de reinserção adotam-se medidas tais como:

- Buscar a morfologia mais natural ou mais apropriada dos cursos de água visando amortecimento dos picos de cheia e minimização dos impactos a jusante;
- Adoção de materiais e técnicas construtivas que diminuam a velocidade de percurso aumentando a infiltração;
- Revitalização e implantação de vegetação ciliar adequada ao meio urbano para contenção de margens e desassoreamento dos cursos de água;

Acrescente-se a possibilidade de escolha da melhor forma de intervenção futura em córregos e rios urbanos de maneira a garantir ganhos paisagísticos e ecológicos apropriados ao entorno socioeconômico.

Nesta proposta se insere a pesquisa aqui apresentada de reinserção dos canais à paisagem urbana. O estudo de materiais construtivos para revestimentos ou manutenção das condições naturais; a procura de perfis de seções e percursos que mantenham ou recriem as características geométricas do canal e colaborem com o retardamento do escoamento pluvial e estabelecimento de dinâmica hídrica menos agressiva ao meio urbano.

Sholtes (2011) pesquisou córregos urbanos no estado da Carolina do Norte nos Estados Unidos e descreveu que a restauração dos canais pode aumentar o armazenamento e a dissipação de energia de suas ondas de cheias. Entre os elementos de restauração de canais cita um “design” que possa incluir a atenuação de cheias ao reduzir a inclinação do canal e aumentar seu comprimento; restaurar a conectividade do canal com sua várzea; revegetar planície de inundação. Para este autor o restabelecimento da hidráulica de várzea é meta de programas de restauração, mas a magnitude de possíveis mudanças ainda é mal quantificada.

Na Figura 11 é apresentado quadro onde Oliveira (2012) faz comparação entre as propostas de aceleração e retardo de escoamento de águas pluviais segundo Nascimento, Baptista e von Sperling.

Figura 11 – Quadro comparativo entre medidas higienistas e alternativos na drenagem urbana.

SOLUÇÕES CLÁSSICAS	SOLUÇÕES ALTERNATIVAS
Drenagem rápida das águas pluviais.	Favorecimento a infiltrações, ao armazenamento e aumento do tempo de percurso do escoamento.
Redes subterrâneas, canalização de cursos de água naturais.	Valorização da presença da água na cidade, busca de menor interferência sobre o sistema natural de drenagem.
Associação do sistema de drenagem ao sistema viário.	Desenvolvimento de soluções técnicas multifuncionais, combinando sistema de drenagem com implantação de áreas verdes, terrenos de esporte, parques lineares.
Sistema de drenagem gravitacional, não controlado, configuração fixa da rede de drenagem.	Sistema de drenagem controlado, possibilidade de alteração na configuração da rede de drenagem.
Concepção e dimensionamento segundo um nível único de risco de inundação pré-estabelecido para atender único objetivo.	Concepção e dimensionamento segundo diferentes níveis de risco de inundação para atender a objetivos diferenciados
Não previsão e inoperância em face de eventos de tempo de retorno superior ao do projeto.	Avaliação do funcionamento do sistema para eventos de tempos de retorno superior ao do projeto. Gestão de risco de inundação.
Ênfase na garantia de condições de saúde pública e conforto no meio urbano. Despreocupação com impactos da urbanização sobre os meios receptores.	Preocupação com garantia de condições adequadas de saúde pública e conforto no meio urbano e de redução dos impactos na urbanização sobre os meios receptores.

Fonte: OLIVEIRA apud NASCIMENTO, BAPTISTA e von SPERLING (1999)

Para o perfeito conhecimento e controle das condições de implantação de sistema retardador de escoamento pluvial, faz-se necessário simular enchentes nestes modelos levando-se em conta o material de construção ou revestimento, a forma do canal e meandros construídos de maneira a oferecer obstáculos à passagem da água retardando seu escoamento e promovendo maior percolação e abastecimento freático.

4.7 Quantificações de Escoamento e Simulações de Enchentes

Os riscos ambientais são inerentes à ocupação humana de áreas urbanas e rurais. A população, de maneira geral, percebe a gravidade da situação quando eventos catastróficos acontecem.

A Figura 12 mostra fotografia de inundação ocorrida em 29 de maio de 2013 em Uberlândia (MG) poucos dias após a entrega das obras de melhoria e modernização de uma das mais importantes avenidas da cidade.

Figura 12 – Fotografia divulgada no site em.com.br em 29 de maio de 2013.



Fonte: http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/05/29/interna_gerais,396643/temporal-deixa-principal-avenida-de-uberlandia-submersa-e-provoca-caos.shtml

A determinação da quantidade de escoamento, a forma deste escoamento e as características da bacia determinam os impactos provocados pelas enchentes sobre o meio urbano.

As simulações possibilitam prever o comportamento da bacia e seus componentes frente à precipitação, evitando ou diminuindo os danos ao meio urbano e à população.

4.7.1 Métodos para Quantificações de Escoamento

A quantificação do escoamento pluvial nas áreas urbanas pode ser feita por métodos empíricos, métodos estatísticos ou, ainda, modelos matemáticos.

Entre os métodos empíricos, pode-se citar o Método Racional. Tomaz (2002) ressalta ser o método mais usado para calcular a vazão de pico de determinada bacia considerando sua seção. É baseado na equação 1:

$$Q = K \times C \times i \times A \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo K coeficiente de ajuste de unidade e tendo valor de 0,278 no Sistema Internacional (SI); C é o coeficiente de escoamento superficial, que representa a relação entre o pico de vazão e a chuva média sobre a bacia; i é intensidade de precipitação em mm/h; A é área da bacia em km², Q é a vazão ou caudal que escoar sobre a superfície do solo, em m³/s. O coeficiente de escoamento superficial (C) é um parâmetro de permeabilidade e depende das características da bacia, tais como: tipo de solo; tipo de utilização do solo, vegetação, condições climáticas e período de recorrência (Tomaz, 2002).

Gestores e população acreditam que o problema esteja resolvido. A resolução da problemática ou minimização das consequências passa pelo conhecimento do comportamento do sistema sendo fundamental para a previsão e simulação de enchentes. Oliveira (2010) propõe:

A utilização de modelos hidrológicos para entender o comportamento do ciclo da água numa bacia hidrográfica é uma prática corrente nas atividades de planejamento do aproveitamento dos recursos hídricos. No entanto, nem sempre tem sido fácil utilizar estes modelos no processo de tomada de decisão. Isto se deve muito ao fato de que para utilizar estes modelos é necessário que os decisores possuam um conhecimento específico sobre os parâmetros que foram modelados. Além disso, a quantidade de elementos que são necessários para descrever o comportamento hidrológico pode dificultar bastante o entendimento do sistema como um todo. (OLIVEIRA, 2010, p.17)

Para superar esta dificuldade, Oliveira (2010) propõe ainda a utilização de modelos de simulação dinâmica.

Ao se encarar um objeto em estudo como um sistema é possível estabelecer diversas relações entre seus elementos. Através destas relações, uma simples variável pode afetar outras variáveis no tempo, as quais podem voltar a afetar a variável original, e assim por diante. O conjunto de relações entre estes elementos constituirá o modelo de comportamento do sistema. A dificuldade de se avaliar sistemas complexos faz com que pesquisadores tendam a discretizar o objeto e analisar suas partes. Com o intuito de avaliar o todo simultaneamente, constrói-se um modelo de simulação dinâmica a partir das relações entre os elementos do sistema.

Os modelos de simulação dinâmica têm ganhado popularidade nos últimos anos e, em consequência disto, alguns pacotes computacionais foram desenvolvidos para auxiliar na elaboração dos modelos [...] (OLIVEIRA, 2012, p. 20).

Milograna (2009) diferencia os modelos hidrológicos entre aqueles de simulação de evento único (*single event*) ou modelos voltados a eventos múltiplos.

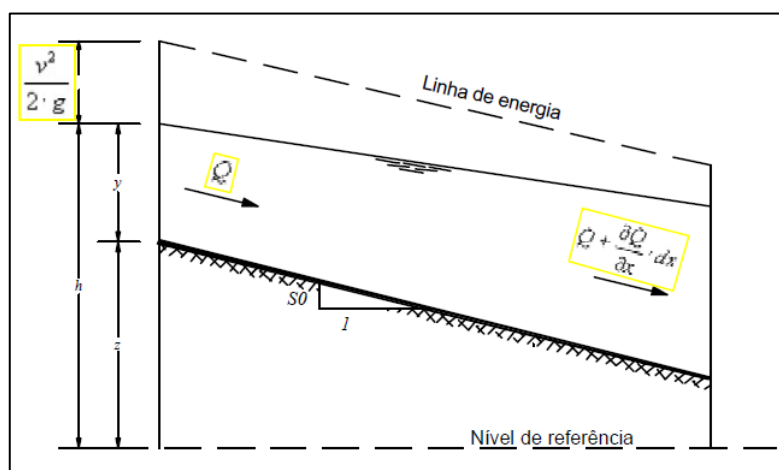
Os primeiros são direcionados à análise do pico de escoamento ou hidrograma de escoamento. Podendo-se citar o Modelo HEC-HMS 3.0; TR-20 e TR-55; Módulo RUNOFF do Modelo SWMM e modelos brasileiros como IPH II (Instituto de Pesquisas Hidráulicas) e ABC (USP).

Como modelos de escoamento não permanente unidimensionais citados por Milograna (2009) têm-se Modelo HAC-RAS 3.1; SWMM 5.0; UNET 4.0; FLDWAV e MIKE 11 HD.

As equações de Saint-Venant são expressões matemáticas que permitem o cálculo da vazão e altura da lâmina de água como funções do tempo e do espaço. Dividem-se em Equação da Continuidade e Equação da Quantidade de Movimento.

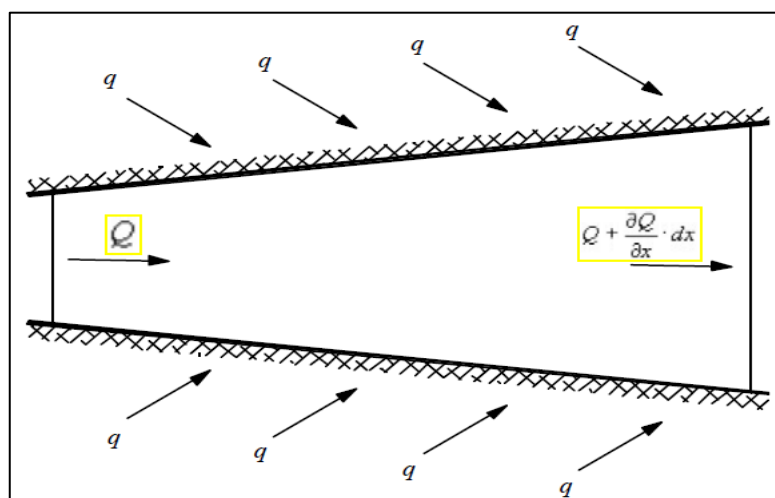
As Figuras 13, 14 e 15 mostram as grandezas envolvidas na determinação das equações de Saint-Venant:

Figura 13 – Volume de Controle. Perfil Longitudinal.



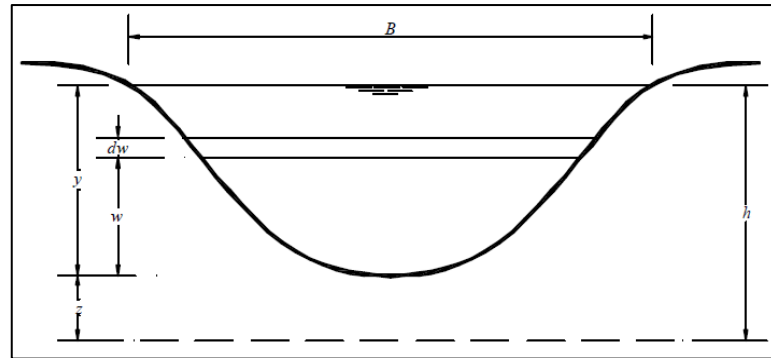
Fonte: <http://w3.ualg.pt/~rlanca/tese-mestrado/tm-04-eq-s-venant.pdf>

Figura 14 – Volume de Controle em planta.



Fonte: <http://w3.ualg.pt/~rlanca/tese-mestrado/tm-04-eq-s-venant.pdf>

Figura 15 – Volume de Controle. Perfil Transversal.



Fonte: <http://w3.ualg.pt/~rlanca/tese-mestrado/tm-04-eq-s-venant.pdf>

A Equação da Continuidade se apresenta na forma da Equação 1:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$\frac{\partial Q}{\partial x}$ Representa a variação da vazão do volume de controle ao longo da distância longitudinal;

$\frac{\partial A}{\partial t}$ Representa a variação da área transversal do volume de controle ao longo da distância longitudinal;

q Representa a vazão do volume de controle.

A Equação da Conservação da Quantidade de Movimento se apresenta na forma:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot \frac{\partial y}{\partial x} - g \cdot (S_0 - S_f) = 0 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t}$ Representa a aceleração local e descreve a variação da quantidade de movimento devido à variação da velocidade em relação ao tempo;

$\frac{1}{A} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{Q^2}{A} \right)$ Representa a aceleração convectiva e descreve a variação da quantidade de movimento devido à mudança de velocidade do escoamento ao longo do canal;

$g \cdot \frac{\partial y}{\partial x}$ Representa a diferença das resultantes das pressões hidrostáticas atuantes na fronteira do volume de controle sendo proporcional à variação da profundidade do escoamento ao longo do canal;

$g \cdot S_0$ Representa a ação da gravidade sendo proporcional ao declive do fundo do canal;

$g \cdot S_f$ Representa a ação do atrito com o fundo e as margens do canal;

Segundo Chow et al (1994) apud Pontes (2011), as seguintes hipóteses são consideradas para o desenvolvimento das equações de Saint-Venant:

- As variáveis devem ser representadas por funções contínuas
- Fluido incompressível e homogêneo
- Escoamento unidimensional, velocidade uniforme e igual à média.
- Nível de água é horizontal na seção transversal
- Pressão hidrostática
- Possibilidade de utilização de equações para perda de carga, como a equação de Manning.
- Baixa declividade do canal

Os modelos hidrodinâmicos completos usam as equações de Saint-Venant que requerem recursos computacionais mais robustos e uso de *software* que resolvem equações de forma completa e rápida. Atualmente, existem uma enorme e diversificada gama de programas voltados a resolução e apresentação de resultados que são úteis na tomada de decisões no projeto e gerenciamento de águas pluviais no meio urbano.

Os modelos hidrodinâmicos simplificados utilizam a equação da continuidade e fazem simplificações na equação da quantidade de movimento e impedindo sua aplicabilidade a qualquer análise.

4.8 Utilização de Geoprocessamento

Não se deve esquecer-se da importância do geoprocessamento aplicado ao estudo das simulações de inundações urbanas e rurais.

Como exemplo, pode-se citar Chicati et al (2009) que estabeleceram o período de ocorrência, bem como, as áreas atingidas por enchentes do rio Ivaí no estado do Paraná. Procedeu-se o levantamento cartográfico e altimétrico do terreno e a incorporação de dados em um SIG – Sistema de Informações Geográficas que, posteriormente, juntamente com a incorporação de imagens orbitais Landsat, possibilitaram a elaboração de modelo numérico de terreno para representação da superfície.

Nesse sentido, Ferreira et al (2007) apresentam trabalho onde descrevem o funcionamento do Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes (SPAÉ) do Rio Taquari no estado do Rio Grande do Sul.

Resumindo a metodologia do processo:

O Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes (SPAÉ) da Bacia do Rio Taquari-Antas está em fase de implantação. O SPAÉ, em linhas gerais, avalia a quantidade de água precipitada na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, o nível da água do Rio, projeta a possibilidade e o alcance de uma determinada enchente, simula as áreas potencialmente inundáveis e aciona os Conselhos Municipais de Defesa Civil. (FERREIRA et al, 2007, p. 6)

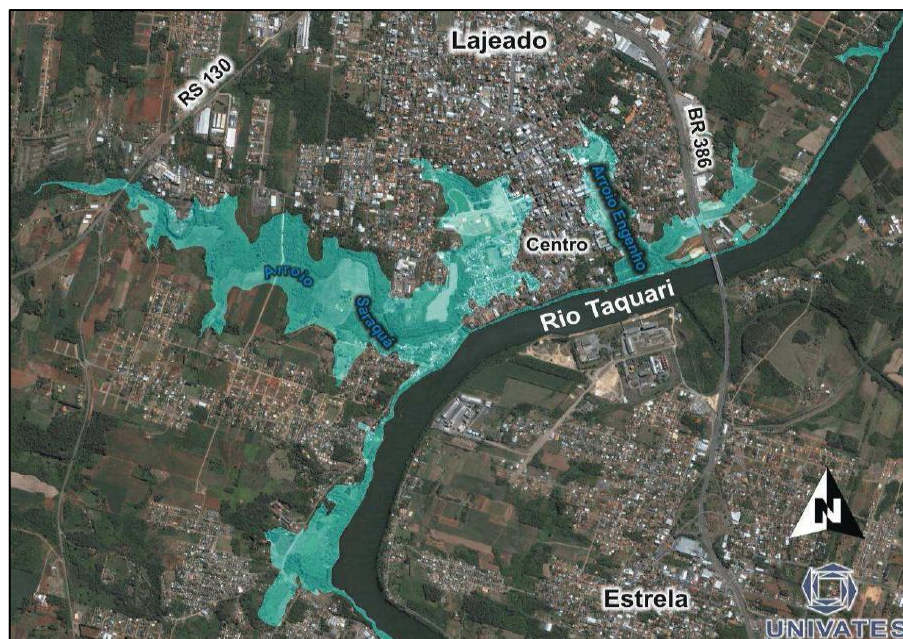
Descreve os procedimentos e apresenta o resultado dos levantamentos feitos para evento de 11 de julho de 2007:

Para realizar o mapeamento do avanço da lâmina de água e o posterior zoneamento das áreas de enchente na cidade de Lajeado, foram gerados modelos numéricos do terreno a partir de curvas de nível, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Lajeado, na escala 1/2000. A simulação foi realizada no módulo VirtualGIS do *software* Erdas Imagine e integrada com imagens do satélite Quickbird. (FERREIRA et al, 2007, p. 11)

Percebe-se aqui uma forma de padronização nos procedimentos: levantamento de dados estatísticos e geoprocessados, análise das condições locais e adequação, simulações e comparações com eventos anteriores.

A Figura 16 apresenta a simulação da área inundada pela enchente de 11 de julho de 2007 quando o Rio Taquari alcançou a cota de 24,51 metros, correspondendo a uma elevação de 1,5 metros.

Figura 16 – Simulação de enchente no Rio Taquari em Lajeado (RS).



Fonte: Ferreira et al (2007)

Neste trabalho foram testados cenários de inundação urbana com variantes quanto ao material de revestimento do canal de escoamento e seu desgaste; traçados que possam influir na velocidade de escoamento; criação de mecanismos de retenção e outros fatores de influência na dinâmica dos cursos de água no meio urbano. Para tanto foi desenvolvido código de programação no Visual Basic Application (VBA) a partir de dados levantados em bibliografia específica; trabalhos acadêmicos; mapas e informações obtidas junto à Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) e aplicados à Bacia do Córrego Jataí no perímetro urbano da cidade de Uberlândia (MG).

CAPÍTULO 5

DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo das bacias urbanas requer o conhecimento do meio físico e social em que se inserem. Neste item serão apresentadas informações sobre a área de estudo deste trabalho e os fatores influentes em seu comportamento frente às chuvas.

5.1 Informações Geoeconômicas do Município de Uberlândia

Uberlândia é uma próspera cidade mineira que se encontra localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Região Sudeste do Brasil com população estimada em 2014 de 654.651 habitantes; área de 4.115,206 Km² do bioma Cerrado e Mata Atlântica; com Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM-2010) de 0,789 numa escala de 0 a 1,0 segundo informações do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

De acordo com o Banco de Dados Integrados da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Uberlândia (SEPLAN/PMU) a localização geográfica do município é apresentada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Município de Uberlândia (MG).

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
18°54'41,90582'' S		48°15'21,63093 W
COORDENADAS UTM - SAD69 (m)		
E 789.052,0794	N 7.906.715,8351	H 864,80

Fonte: Diretoria de Pesquisa Integrada – SEPLAN/PMU

Servida por importantes rodovias que atendem às regiões mais desenvolvidas do país como:

- BR-050 ligando Brasília (DF) a São Paulo (SP)
- BR-365 ligando Montes Claros (MG) a São Simão (GO)
- BR-452 ligando Rio Verde (GO) a Araxá (MG)

- BR-455 ligando Uberlândia a Campo Florido (MG) e Planura (MG)
- BR-497 ligando Uberlândia a Iturama (MG) e Paranaíba (MS)

Conta, ainda, com a Ferrovia Centro Atlântica (antiga Mogiana) que liga os estados de São Paulo a Goiás e Distrito Federal e dispõe de Terminal Intermodal de Cargas. Devido a esta localização privilegiada a cidade conta com empresas voltadas ao mercado atacadista de nível nacional e internacional, além de indústrias e forte caráter agropastoril.

5.2 Aspectos Demográficos do Município de Uberlândia

O crescimento demográfico do município de Uberlândia pode ser auferido por dados do IBGE em seu site que aponta as seguintes variações e são apresentados na Tabela 2

Tabela 2 – Variações populacionais do município de Uberlândia (MG).

ÁREA	SUPERFÍCIE	CRESCIMENTO POPULACIONAL em 10 ANOS			DENSIDADE DEMOGRÁFICA	
		2000	2010	%	2000	2010
Urbana	217	488.982	587.266	20,1	2232,8	2706,2
Rural	3.898	12.232	16.747	36,9	3,1	4,3
TOTAL	4.115	501.214	604.013	20,5	121,7	146,7

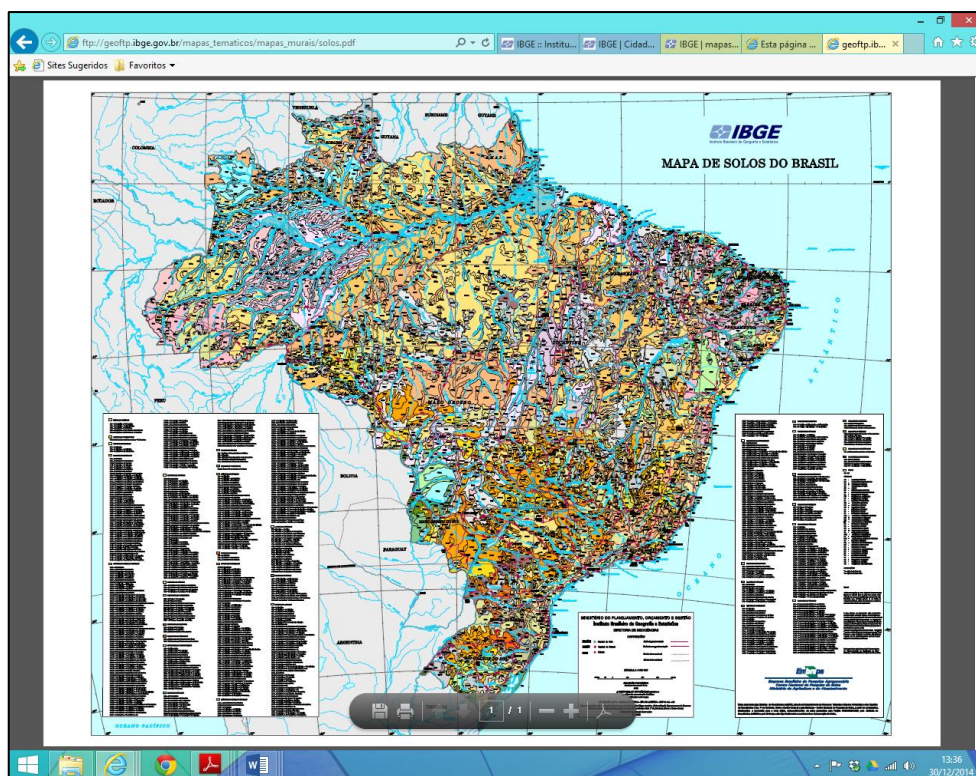
Fonte: IBGE. Elaborada pelo autor

Observa-se um crescimento populacional urbano de 20,1% e densidade demográfica urbana de 21,2%, ou seja, valores expressivos.

5.3 Solos e Vegetação do Município de Uberlândia

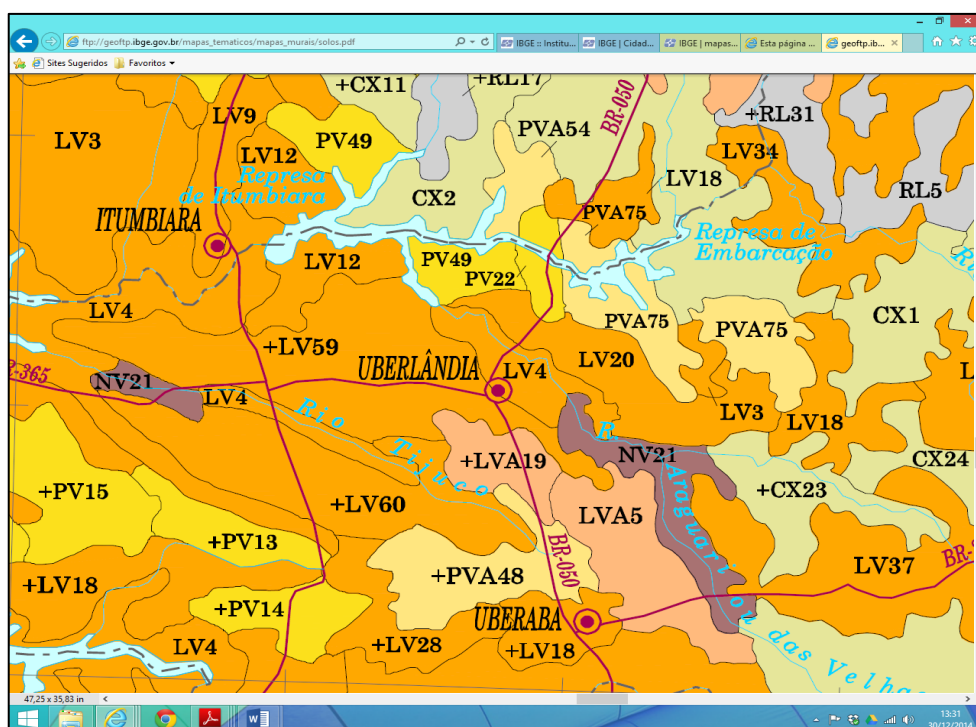
O mesmo IBGE reproduz Mapa de Solos elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e recortado nas Figuras 17 e 18 a seguir.

Figura 17 – Mapa de Solos do Brasil.



Fonte: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/solos.pdf>

Figura 18 – Mapa de Solos do Brasil ampliado e recortado na região de Uberlândia (MG).




Fonte: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/solos.pdf>

A classificação LV4 significa Latossolo Vermelho de acordo com recortes de legendas do Mapa de Solos apresentados no quadro a seguir. Pode ser entendido como uma generalização que visa mostrar a tipologia do solo.

Portanto, torna-se necessário estudo mais aprofundado e específico sobre a tipologia do solo da bacia de estudo uma vez que qualquer análise mais minuciosa do comportamento frente a chuvas e seus desdobramentos passam pelo conhecimento desta estrutura.

A Figura 19 mostra recorte da legenda do Mapa de Solos do Brasil.

Figura 19 – Recorte de legendas do Mapa de Solos do Brasil.

<p> LATOSSOLOS VERMELHOS</p> <p>LV1 - LV Distroférrico LV2 - LV Distroférrico + LB Distrófico LV3 - LV Distroférrico + LV Distrófico LV4 - LV Distroférrico + NV Eutrófico LV5 - LV Distroférrico + RL Eutrófico LV6 - LV Distroférrico + LB Distroférrico + CX Tb Distrófico LV7 - LV Distroférrico + LV Eutrófico + LV Distrófico LV8 - LV Distroférrico + LV Distrófico + PVA Distrófico LV9 - LV Distroférrico + NV Eutrófico + LV Distrófico LV10 - LV Distroférrico + NV Eutrófico + NX Eutrófico LV11 - LV Distroférrico + PV Eutrófico + CX Tb Distrófico LV12 - LV Distroférrico + PV Eutrófico + RL Eutrófico LV13 - LV Distroférrico + PVA Eutrófico + NV Distrófico LV14 - LV Distroférrico + FX Distrófico + LV Distrófico LV15 - LV Eutrófico</p>	<p>SÍMBOLOS:</p> <p>AC - ALISSOLO CRÔMICO AR - AFLORAMENTOS DE ROCHAS CH - CAMBISSOLO HÚMICO CX - CAMBISSOLO HÁPLICO DN - DUNAS EK - ESPODOSSOLO CÁRBICO ES - ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO FF - PLINTOSSOLO PÉTRICO FT - PLINTOSSOLO ARGILÚVICO FX - PLINTOSSOLO HÁPLICO GJ - GLEISSOLO TIOMÓRFICO GM - GLEISSOLO MELÂNICO GX - GLEISSOLO HÁPLICO GZ - GLEISSOLO SÁLICO LA - LATOSSOLO AMARELO LB - LATOSSOLO BRUNO LV - LATOSSOLO VERMELHO LVA - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO MD - CHERNOSSOLO RÊNDZICO ME - CHERNOSSOLO EBÂNICO MT - CHERNOSSOLO ARGILÚVICO</p>
--	---

Fonte: <http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/solos.pdf>

O Banco de dados Integrados da SEPLAN/PMU descreve ainda as características do solo e relevo do município como pertencente ao domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, com relevo tabular, levemente ondulado, com altitude inferior a 1.000 metros.

De forma geral as altitudes variam em pequenas magnitudes:

- 700 a 900 metros na porção sul com relevo típico de chapada
- 700 a 850 metros na região oeste com solos rasos e pouco férteis
- 800 a 1000 metros na região norte com manchas de solo muito férteis

Vegetação predominante é o Cerrado e suas variáveis como veredas, campos limpos, campos sujos ou cerradinhos, cerradões, matas de várzea, matas de galeria ou ciliares e matas mesolíticas.

5.4 Características Hidrográficas do Município de Uberlândia

O município é drenado pelas bacias hidrográficas dos Rios Araguari e Tijuco. Sendo este o segundo maior afluente do Rio Paranaíba, situado a sul e sudoeste do município e apresentando como principais afluentes os Ribeirões Babilônia, Douradinho e Estiva.

A bacia do Rio Araguari abrange a porção leste do município. Seu potencial hidrelétrico é explorado por quatro usinas construídas e gerenciadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). Constituindo-se numa alternativa futura de abastecimento de água da cidade.

O Rio Uberabinha é o principal afluente do Rio Araguari dentro do município e constitui-se, em conjunto com seus afluentes, no manancial utilizado para o abastecimento de água. Nasce ao norte do município de Uberaba e atravessa todo o município de Uberlândia desaguando no Rio Araguari, a noroeste do município, atingindo uma extensão total de 150 km. Seus principais afluentes são os Ribeirões Beija-Flor, Rio das Pedras e o Ribeirão Bom Jardim, outro importante manancial para o abastecimento, estes na zona rural. Na zona urbana o Rio Uberabinha tem afluentes menores, como os córregos Jacuba, Tabocas, São Pedro e Jataí (totalmente canalizados) além de Vinhedo, Lagoinha, Liso, Salto, Guaribas, Bons Olhos, entre outros.

5.5 A Bacia do Córrego Jataí

O crescimento urbano de Uberlândia se deu de forma semelhante a outras cidades de mesmo porte. Nas décadas de 1970 a 2000 novos empreendimentos imobiliários levaram a ocupação de novas áreas e sua urbanização com instalação de redes de água, esgoto e pluvial.

Os bairros Santa Mônica e Tibery, localizados na Zona Leste, experimentaram forte crescimento a partir de 1980 impulsionados pelo crescimento da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) que tem o Campus Santa Mônica instalado nesta região; construção do

estádio municipal; implantação do Parque do Sabiá como principal área de lazer popular da cidade e construção de empreendimentos como o Center Shopping, dentre outros.

A Figura 20 é uma foto aérea do arquivo da Secretaria de Cultura da PMU e mostra a implantação do Parque do Sabiá e construção do estádio no início da década de 1980. Observa-se na parte inferior o Córrego Jataí sem canalização, o quê, viria após dez anos aproximadamente.

Figura 20 – Foto de área de implantação do Parque do Sabiá.



Fonte: Arquivo da Secretaria de Cultura da PMU.

A transferência das instalações da Prefeitura Municipal e Câmara de Vereadores no início dos anos de 1990 foi o marco decisivo da ocupação desta área como todo e das margens do Córrego Jataí em particular.

Atualmente o Córrego Jataí encontra-se canalizado e retificado e ainda apresenta áreas marginais livres que permitem intervenções. Sua bacia se espalha pelos bairros Mansões Aeroporto, Custódio Pereira, Tibery, Santa Mônica, Segismundo Pereira, Alvorada, São Francisco, Dom Almir, Jardim Prosperidade, Sucupira, Novo Mundo e Joana D'Arc. Tem área de 15,1 Km²(determinada pelo autor). A Figura 21 mostra a área de estudo.

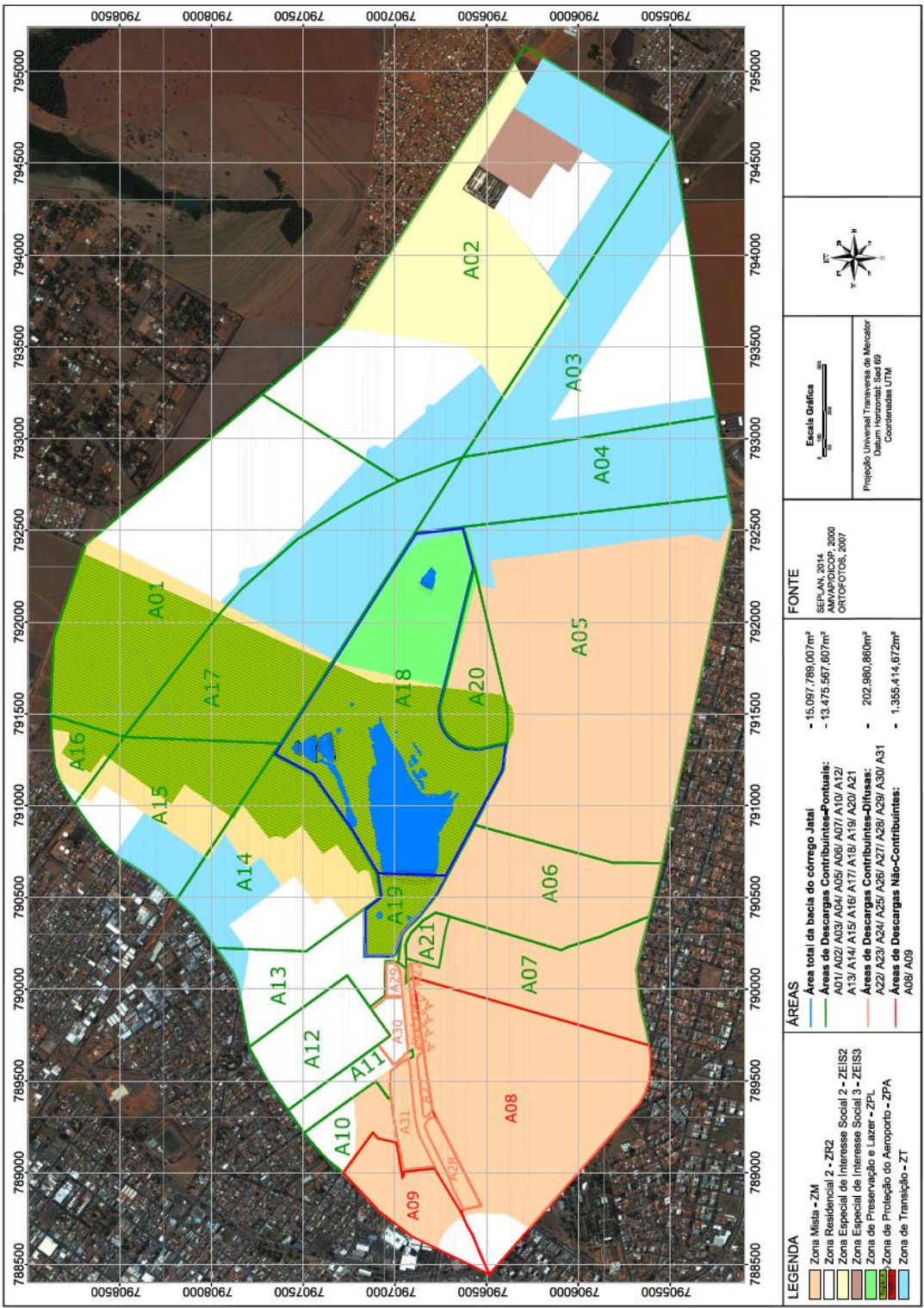
Figura 21 – Vista geral dos bairros circunvizinhos.



Fonte: Google Earth modificado pelo autor

A Figura 22 mostra a bacia em projeção do programa AutoCAD 2013 da Autodesk.

Figura 22 – Bacia do Córrego Jataí.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 23 mostra a região interna do Parque do Sabiá.

Figura 23 – Percurso do Córrego Jataí dentro do Parque do Sabiá.



Fonte: Google Earth modificado pelo autor.

A extensão do curso de água é de aproximadamente 8,0 Km. Dentro do Parque do Sabiá mede 2,5 Km sendo represado em área de 2,6 Km². Estas medidas foram obtidas pelo autor usando o programa AutoCad 2013 da AutoDesk.

A descarga do lago do Parque do Sabiá se dá por meio de estravasoires mostrados na Figuras 24 a 28. Estas fotos foram obtidas no período de menor nível do lago.

Figura 24 – Foto do sistema de extravasamento do lago do Parque do Sabiá.



Foto do autor.

Figura 25 – Foto do extravasor principal do lago do Parque do Sabiá e comando de abertura.



Foto do autor.

Figura 26 – Foto da régua de controle de nível no extravasor do lago.



Foto do autor.

Figura 27 – Foto do extravasador secundário (tipo tulipa) do lago do Parque do Sabiá.



Foto do autor.

Figura 28 – Foto da canaleta de escoamento do lago do Parque do Sabiá.

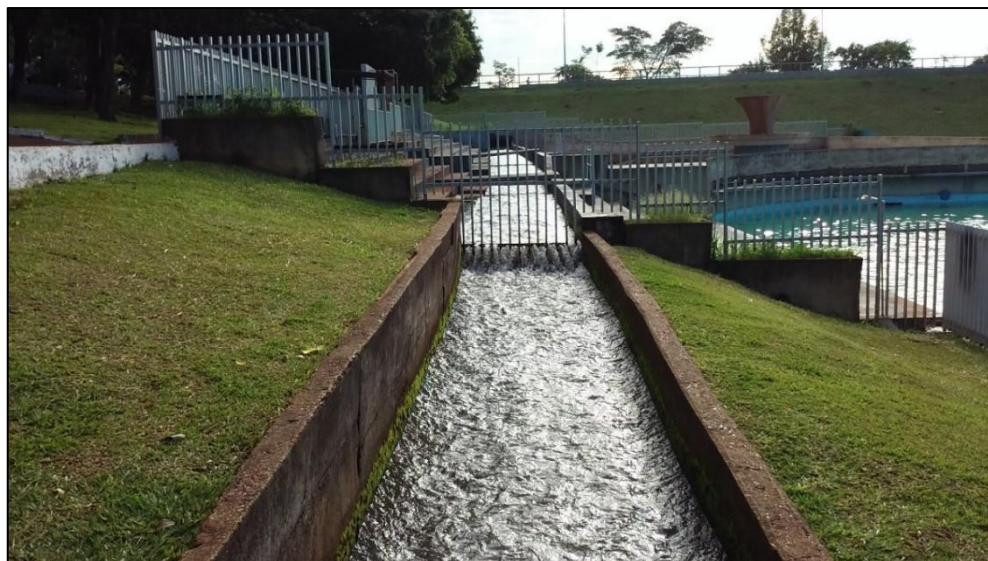


Foto do autor.

Na canaleta mostrada na figura 28 foram processadas medidas básicas de vazão que levaram a $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$. Este valor será usado como volume mínimo de escoamento nas simulações, uma vez que, corresponde a situação de menor nível do lago.

Ao sair do parque este escoamento segue por galeria sob a Avenida Anselmo Alves dos Santos construída no início da década de 1990. Esta galeria recebe contribuições ao longo de seu percurso até desaguar no Córrego São Pedro sob a Avenida Rondon Pacheco pouco abaixo da sede da Prefeitura Municipal de Uberlândia e Câmara Municipal.

A Avenida Anselmo Alves dos Santos apresenta em suas margens a sede regional do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), a Prefeitura Municipal de Uberlândia, Câmara Municipal e Center Shopping/Carrefour, além de outros estabelecimentos comerciais como postos de combustíveis, oficina mecânica e casa de shows.

A Figura 29 mostra o percurso sob Avenida Anselmo Alves dos Santos.

Figura 29 – Percurso canalizado e retificado sob Avenida Anselmo Alves dos Santos.

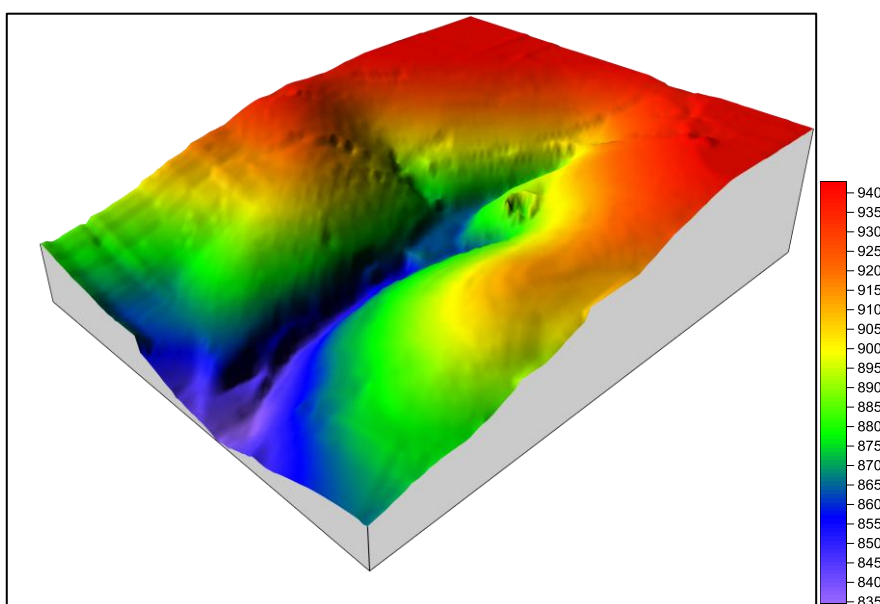


Fonte: Google Earth modificado pelo autor.

O terreno ocupado pela Bacia do Córrego Jataí apresenta desnível que varia da cota de 940 metros a 835 metros. A Figura 30 mostra as variações de cota em manipulação feita pelo autor usando o programa Sufer 10 a partir de curvas de nível espaçadas de 5 (cinco) metros em planta fornecida pela Secretaria Municipal de Obras da Prefeitura Municipal de Uberlândia (SMO/PMU).

Observa-se forte desnível entre cotas mais altas e exutório do Córrego Jataí. A grande concentração do escoamento na parte final do percurso, próximo à sede da prefeitura, já provocou inundação destas instalações.

Figura 30 – Desnível do terreno ocupado pela bacia em estudo.

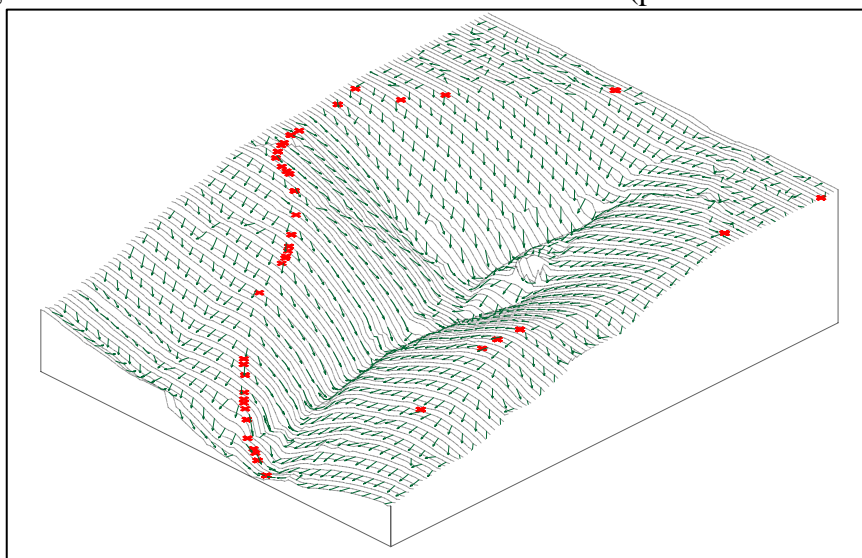


Fonte: Elaborado pelo autor com uso do programa Sufer 10.

Pode-se, ainda, traçar as linhas de escoamento e cotas máximas que auxiliarão no estudo da Bacia do Córrego Jataí como apresentado na Figura 31. Observa-se que a parte mais alta da região delimitada por cotas máximas não está representada. Esta região compreende área de urbanização recente cujo escoamento pluvial se concentra em bacias de retenção.

Na Figura 31 têm-se o desnível do terreno sobreposto às cotas máximas (pontos em vermelho) e linhas de escoamento

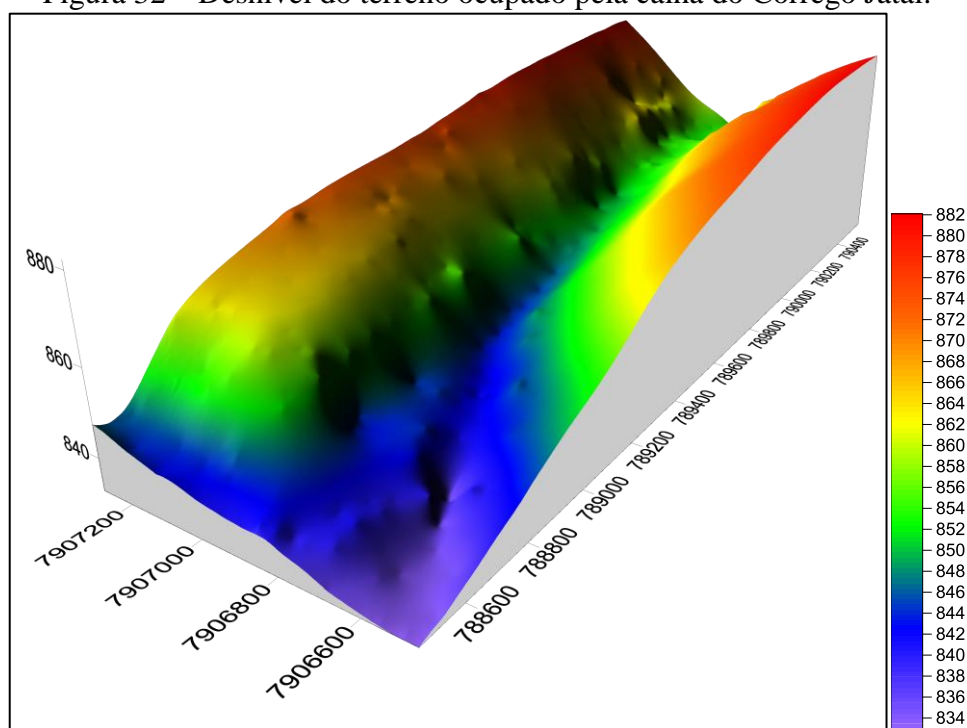
Figura 31 – Linhas de escoamento e cotas máximas (pontos em vermelho).



Fonte: Elaborado pelo autor com uso do programa Sufer 10.

Especificamente, pode-se apresentar a região canalizada do Córrego Jataí em representação do programa Surfer 10 em manipulação realizada pelo autor na Figura 32.

Figura 32 – Desnível do terreno ocupado pela calha do Córrego Jataí.



Fonte: Elaborado pelo autor com uso do programa Sufer 10.

Este perfil fornecerá o Mapa Natural do Terreno (MNT) que será utilizado pelo código em VBA na parametrização do terreno.

5.6 As Bacias de Detenção e Retenção

Neste trabalho os termos Bacia de Detenção, Bacia de Retenção e Bacia de Amortecimento serão usados como referência a espaços construídos ou utilizados para receberem descarga pluvial de bairros em áreas muito planas com dificuldade de escoamento. Em que pese a necessidade de diferenciar detenção de retenção, deve-se salientar que as funções destes dispositivos são absorver e retardar o escoamento de forma a diminuir volume e vazão a jusante.

O lago do Parque do Sabiá é usado mais recentemente como bacia de retenção por contar com lâmina de água permanente. Desde a inauguração deste espaço, no início da década de 1980, a utilização deste reservatório se destinava ao embelezamento e controle de escoamento dos cursos de água que nascem no parque. Sobre este lago são lançadas as descargas efluentes das bacias de detenção a montante.

Estes dispositivos começaram a ser construídos a partir de 2007 em locais estratégicos. As bacias de detenção receberam, neste trabalho, nomes dos bairros próximos que atendem:

- BD – Custódio Pereira: construída em 2010, recebe a descarga da área correspondente ao Bairro Custódio Pereira (A16). Descarrega abaixo do lago do Parque do Sabiá, contribuindo diretamente no escoamento na galeria da Avenida Anselmo Alves dos Santos.
- BD – Shopping: terminou suas obras em 2013 e atende a loteamento em ocupação. Descarrega em ponto abaixo de complexo de viadutos e trevos das rodovias BR-050 e BR-364 onde conflui a tubulações de outras bacias de detenção e segue até o lago do Parque do Sabiá.
- BD – Gran Ville: atenderá loteamento em ocupação. Descarrega em caixa de passagem às margens da rodovia BR-364.
- BDs – Prosperidade: são duas bacias interligadas que recebem descargas dos bairros adjacentes. Depredações de cercas e lançamento de lixo e entulhos levaram a entupimento de escoadouros. Técnicos da prefeitura confirmaram a falta de manutenção de tais dispositivos e comprometimento de seu funcionamento.
- BDs – Novo Mundo: sua implantação se iniciou em 2007 e terminaram em 2010. Suas três bacias que descarregam junto às bacias do Bairro Prosperidade e margeando a BR-364 se juntam aos efluentes da BD-Gran Ville.

As Bacias de Detenção (BDs) Shopping, Gran Ville, Prosperidade e Novo Mundo descarregam em ponto comum na região de trevos de acesso às rodovias em tubulações de concreto de 60 centímetros de diâmetro. A partir deste ponto a tubulação passa ao diâmetro de 150 centímetros e percorre a Avenida José Roberto Migliorini até atingirem uma das nascentes do lago do Parque do Sabiá. A Figura 33 mostra a localização destas bacias e percurso aproximado de tubulações de descarga.

Figura 33 – Bacias de detenção e retenção.



Fonte: Google Earth modificado pelo autor.

Foram levantados junto à PMU e *in loco* as características geométricas destas estruturas que seguem padrão trapezoidal com taludes e fundo revestidos, ou não, em grama. Podem apresentar vários pontos de entrada e único ponto de saída na forma de vertedor de orifício retangular em conjunto com extravasor. As Figuras 34 a 38 mostram fotos e esquema destes dispositivos.

Figura 34 – Foto do dispositivo de entrada na Bacia de Detenção Gran Ville.



Fonte: Foto do autor.

Figura 35 – Foto dos dispositivos de entrada na Bacia de Detenção Prosperidade.



Fonte: Foto do autor.

Figura 36 – Vista interna do dispositivo de saída da Bacia de Detenção Shopping.



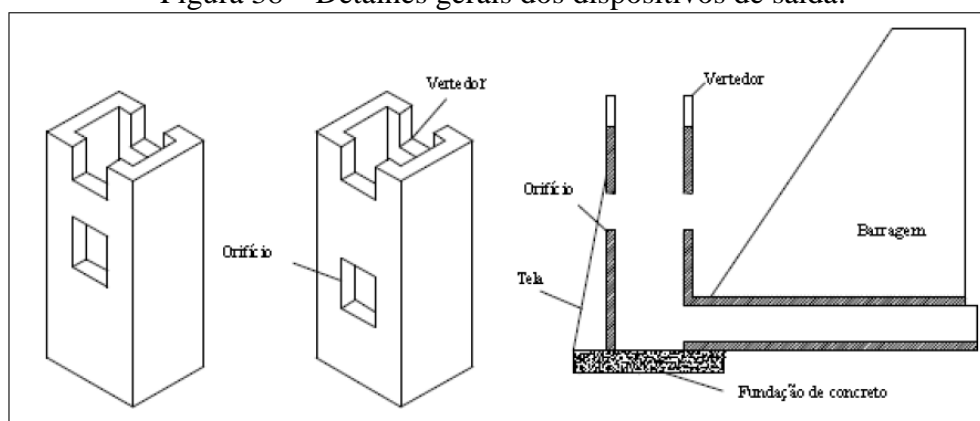
Fonte: Foto do autor.

Figura 37 – Foto do dispositivo de saída em ala das Bacias de Detenção Novo Mundo.



Fonte: Foto do autor.

Figura 38 – Detalhes gerais dos dispositivos de saída.



Fonte: Justino (2004).

A Tabela 3 mostra as características geométricas das bacias de detenção tomando a forma trapezoidal como referência. Deve-se esclarecer que:

- A altura do fundo do orifício corresponde à distância, em metros, entre o fundo da bacia e a base do orifício.
- A base do orifício é a medida da dimensão inferior do orifício em metros.
- A altura do vertedor corresponde à distância, em metros, entre o fundo da bacia e a parte mais alta do vertedor.
- A largura do vertedor corresponde à dimensão, em metros, do vertedor voltada para a região interna da bacia

Tabela 3 – Características das bacias de amortecimento e dispositivos estravasores.

	BACIAS de DETENÇÃO (AMORTECIMENTO)				
	Shopping	GranVille	Prosperidade	Novo Mundo	Custódio Pereira
Altura do Talude (m)	6,00	5,00	6,00	5,00	5,50
Largura do Fundo (m)	40,00	67,00	35,00	30,00	35,00
Largura do Topo (m)	50,00	80,00	45,00	40,00	45,00
Comprimento do Topo (m)	225,00	270,00	500,00	695,00	75,00
Altura-Fundo do Orifício (m)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Base do Orifício (m)	0,55	0,50	0,30	0,45	0,45
Altura do Orifício (m)	0,55	0,50	0,30	0,45	0,60
Altura do Vertedouro (m)	6,00	4,50	6,00	5,00	5,50
Largura do Vertedouro (m)	2,10	2,10	1,50	2,10	1,10

Elaborada pelo autor.

Áreas e bairros atendidos por bacias de retenção tiveram seus tempos de contribuições calculadas adicionando-se aos Tempos de Concentração os tempos necessários para transferência entre estas e o lago do Parque do Sabiá. Dá-se o nome de Tempo de Trânsito ao período necessário a tal transferência. A Tabela 4, a seguir, mostra estes cálculos a partir de Fórmulas de Manning.

Tabela 4 – Tempo de Trânsito entre bacias de detenção e lago do Parque do Sabiá.

TEMPO de TRÂNSITO									
01 - Shopping(Bacia ao Trevo)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At(s)	At-total(s)
426.30	910.00	907.50	0.01	0.60	0.28	1.5085	0.4271	283	604
02 - GranVille(Bacia ao Trevo)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At(s)	At-total(s)
370.23	918.00	907.50	0.03	0.60	0.28	3.3202	0.9400	112	433
02 - Prosperidade(Bacia ao Trevo)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At(s)	At-total(s)
1412.81	934.00	907.50	0.02	0.60	0.28	2.6997	0.7644	523	845
03 - Novo Mundo(Bacia ao Trevo)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At(s)	At-total(s)
1617.61	934.00	907.50	0.02	0.60	0.28	2.5229	0.7143	641	962
Geral (Trevo ao Lago do Parque Sabiá)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At(s)	At(min)
1768.36	907.50	865.00	0.02	1.50	1.77	5.5044	9.7404	321	5.35
16 - Custódio Pereira(Bacia à Jusante do Lago do Parque Sabiá)									
L (m)	Cota-mont.	Cota-jus.	S (m)	Θ (m)	A(m2)	V(m/s)	Q(m3/s)	At-total(s)	At-total(min)
2245.21	917.50	854.00	0.03	0.60	0.28	3.3156	0.9387	677	11.29

Elaborada pelo autor.

Resumindo, o lago do Parque do Sabiá funciona como regulador de vazões das nascentes no interior do parque, bacia de amortecimento de contribuições diretas das áreas da bacia, bem como, receptor de contribuições de outras bacias de amortecimento a montante.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO DE PESQUISA

No sentido de atender aos objetivos desta pesquisa, levantaram-se as características da bacia de estudo que interferissem na absorção e escoamento das águas de chuvas.

6.1 Características Geomorfológicas da Bacia do Córrego Jataí

No estudo dos efeitos provocados por chuvas sobre bacias fluviais é fundamental o conhecimento das características geológicas associados à ocupação e uso da área de estudo. Desta forma, procurou-se na literatura técnica trabalhos de caracterização e determinação de propriedades de solos na região do Córrego Jataí.

Andrade (2008) fez levantamento de características do solo da cidade de Uberlândia (MG), mais precisamente de áreas de expansão da cidade. Procedeu a levantamento bibliográfico sobre as características físicas da região, bem como, aspectos relativos à ocupação urbana.

Utilizou procedimento proposto por Zuquette (1987) e a partir de dados e informações levantados junto à Prefeitura de Uberlândia (PMU), Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU) e empresas privadas identificou solos na área urbana e suas características.

Foram recolhidas e analisadas informações obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento utilizando o Standard Penetration Test (SPT), bem como, ensaios de laboratório onde mediu os seguintes índices:

1. Análise Granulométrica Conjunta;
 2. Limites de Atterberg (LL, LP e IP);
 3. Massa Específica dos Grãos;
-

4. Ensaio de Compactação por Proctor Normal;
5. Ensaio para Classificação na Metodologia MCT: Mini MCV e Perda de Massa por Imersão e Sobrecarga;
6. Ensaio para Avaliação de Suporte como Pavimento – Mini CBR;
7. Infiltrabilidade;
8. Permeabilidade;
9. Massa Específica Aparente, Massa Específica Aparente Seca de Campo e Teor de Umidade e
10. Avaliação da Colapsibilidade.

Posteriormente, Andrade (2008) adotou mapas gerados por Nishiyama (1998) - Mapa dos Materiais Inconsolidados, Mapa da Espessura dos Materiais Inconsolidados e Mapa do Substrato Rochoso – e sobrepondo estas informações traçou perfil de solo na zona urbana da cidade de Uberlândia (MG).

Foram elaborados Mapa de Documentação, onde são apontados os sítios de amostragem; Carta de Declividades mostrando as inclinações do terreno frente à ocupação e Mapa de Materiais Inconsolidados representando materiais sobrejacentes à rocha, bem como, características quanto à origem, textura, espessura e comportamento laterítico.

No caso da Bacia do Córrego Jataí observam-se declividades inferiores a 2% aparecendo nas partes mais altas da região tanto nos Bairros Santa Mônica, Segismundo Pereira e Tibery, bem como, na área ocupada pelo Parque do Sabiá e próximo às margens originais do curso de água; declividades de 2 a 5% em áreas externas mais próximas ao Parque do Sabiá; as declividades entre 5 a 10% aparecem no entorno ao Parque e curso de água.

Para elaboração do Mapa de Materiais Inconsolidados foi utilizada classificação de Nishiyama (1998) onde foram identificadas nove unidades geotécnicas em toda área urbana. No caso da bacia em estudo foram identificadas as seguintes unidades e suas características geomorfológicas:

UNIDADE 2 – MATERIAIS HIDROMÓRFICOS (H)

- Localizada no fundo dos vales de córregos;

- Condições de declividades que variam de 0 a 10%;
- Comum à presença de camadas orgânicas;
- Hidromorfismo evidenciado pela redução de ferro em ambiente mal drenado;
- Evidenciam comportamento laterítico LA (areias com pouca argila laterítica);
- Texturalmente classificadas como areia fina à média-argilosa com coloração amarelada, ocre e branca-acinzentada;
- A fração argila varia de 15 a 41%; a fração silte de 3 a 18%; a fração areia vai de 45 a 75% e pedregulho de 0 a 4% e
- A região estudada corresponde à área adjacente ao curso de água fora dos limites do Parque do Sabiá.

UNIDADE 3 – RESIDUAL DA FORMAÇÃO MARÍLIA (Arenoso – RMA-AR I)

- Em sua maioria está distribuída na vertente direita do Uberabinha;
- Aparece entre cotas altimétricas de 790 a 890 metros sob condições de declividades variando de 0 a 5%;
- Materiais geneticamente relacionados a arenitos da Formação Marília com camadas de 5 a 10 metros;
- Comportamento laterítico LA' (areias argilosas) com Limite de Liquidez variando de 18 a 38% e Plasticidade entre 14 e 31% e IP na faixa de 4 a 10%;
- A fração argila varia de 14 a 65%; a fração silte de 5 a 40%; a fração areia vai de 17 a 77% e pedregulho de 0 a 6%;
- Texturalmente classificadas argila areno-siltosa, argila arenosa, silte argilo-arenoso com coloração em diversas matizes de vermelho e
- Corresponde à maior parte da área do Parque do Sabiá incluindo as nascentes que abastecem o Córrego Jataí e acompanha a Unidade 2 ao longo de todo o vale do Córrego São Pedro e demais áreas ribeirinhas da zona urbana.

UNIDADE 5 – MATERIAL RETRABALHADO ARGILOSO II (Cobertura de Chapada)

- Ocupam áreas na Zona Leste da cidade em níveis altimétricos que variam de 870 a 950 metros;
- Superfícies planas com declividades variando de 0 a 5%,

- Espessuras de 5 a 20 metros;
- Materiais Inconsolidados podem ser classificados como retrabalhados resultantes de contribuições dos arenitos da Formação Marília. Comportamento laterítico LA' (areias argilosas lateríticas) como Limite de Liquidez indo de 42 a 51% e Limite de Plasticidade com faixa de 29 a 32%, além de IP entre 9 e 13%;
- A fração argila vai de 55 a 72%; a fração silte de 12 a 26%; areia 13 a 33% e fração pedregulho de 0% e
- Ocupa todo o altiplano dos bairros Santa Mônica, Segismundo Pereira, Tibery, Custódio Pereira e Umuarama.

Pode-se resumir os levantamentos na Tabela 5.

Tabela 5– Índices geomorfológicos da Sub-bacia do Córrego Jataí.

UNIDADE	HORIZONTE	ESPESSURA (m)	TEXTURA	MCT	MASSA ESPECÍFICA			W (%)	Sr (%)	n (%)	e
					γ (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)				
2	Retrabalhado	1-2	Areia média e fina argilosa	LA	1,54 A 2,25	1,36 A 2,66	2,54 A 2,66	12 A 27	33 A 48	28 A 48	0,4 A 0,9
3	Retrabalhado	5-10	Argila areno-siltosa, argila arenosa e silte arenoso, areia fina a média	LA A LA'	1,24 A 1,94	1,08 A 1,67	2,56 A 3,00	8 A 12	20 A 72	38 A 64	0,8 A 1,8
5	Retrabalhado	5-20	Argila arenosa e areia argilosa	LA'	1,30 A 1,33	1,01 A 1,09	2,75 A 2,90	22 A 31	40 A 50	60 A 63	1,5 A 1,7

Fonte: Andrade (2008). Adaptado pelo autor.

Para área em estudo, algumas conclusões são importantes:

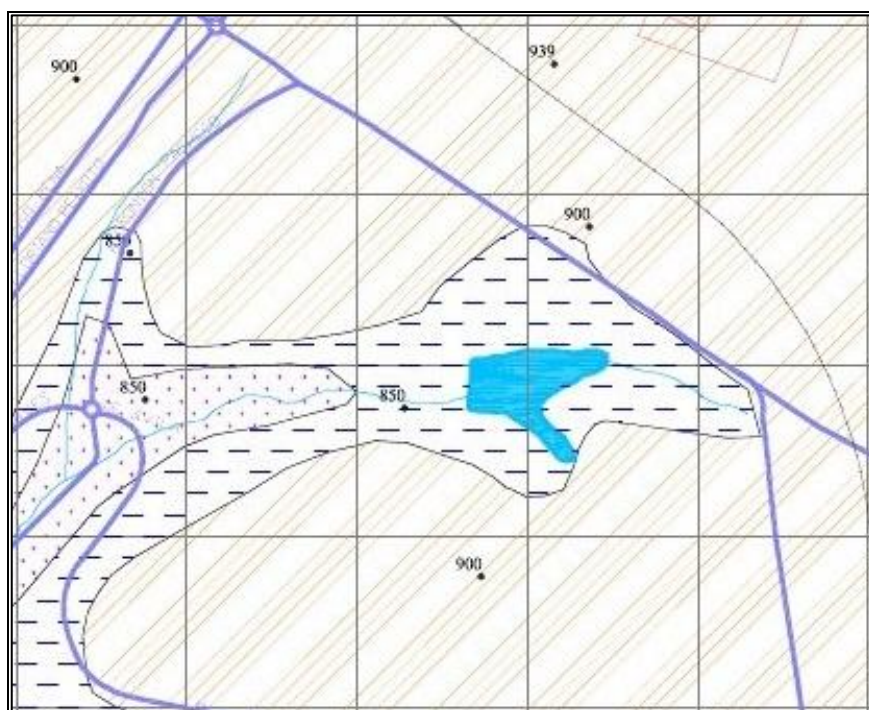
- A fração pedregulho varia de 0 a 6% e areia varia de 13 a 77%;
- A fração argila vai de 14 a 72% e silte está compreendida de 5 a 40%;
- O Limite de Liquidez vai de 18 a 51%, ou seja, constituem solos de baixa compressibilidade e o Limite de Plasticidade varia de 14 a 32%;

- A área de estudo apresenta declividades que variam de 0 a 5%. Declividades até 10% são identificadas na parte interna do Parque do Sabiá e próximas a grandes edificações como Prefeitura Municipal, Center Shopping e Carrefour que tiveram seus terrenos terraplanados. Fora destes espaços as declividades maiores são minoria e encontram-se em trechos ainda não urbanizados ou não construídos.

O resultado geral deste trabalho é apresentado na Figura 39. Nas Figuras 40 e 41 são apresentados detalhes recortados da classificação na área de estudo.



Figura 40 – Recorte do Mapa de Materiais Inconsolidados na área de estudo.



Fonte: Andrade (2008). Adaptado pelo autor.

Figura 41 – Recorte da legenda do Mapa de Materiais Inconsolidados na área de estudo.



Fonte: Andrade (2008). Adaptado pelo autor.

O trabalho de Andrade (2008) foi usado para identificação dos solos na região de estudo e posterior caracterização e classificação quanto a critérios de escoamento pluvial para previsão de efeitos de enchentes na zona urbana.

6.2 Métodos do Número de Curva CN do Soil Conservation Service (SCS)

A quantificação correta do volume de escoamento superficial é de suma importância para o dimensionamento de projetos e execução de obras economicamente viáveis. Se superestimado acarretará desperdício de capital; subestimado levará a obras que não resolverão o problema, além de passíveis de provocar prejuízos e perdas de vidas. Visando propor maneira simples e eficiente de previsão de escoamento o *U. S. Soil Conservation Service* (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) criou em 1975 o modelo conhecido como Chuva-Vazão ou Chuva Excedente para pequenas áreas agrícolas (até 250 Km²). Segundo Tomaz (2002) o SCS classificou mais de 4000 solos para verificar seu potencial de escoamento (*runoff*) e os reuniu em quatro grupos identificados por A, B, C e D.

Sartori (2005) dá mais informações:

Esse modelo, inicialmente desenvolvido para uso em áreas agrícolas, tem sido objeto de estudo, desenvolvimento e aplicação também em áreas urbanas. Com ele é possível: a) estimar a partir de informações do tipo, uso e umidade antecedente do solo, o número da curva de escoamento superficial (CN) e com este a parcela da precipitação que resultará em escoamento superficial, ou Chuva excedente; b) conhecida à Chuva excedente, estimar a distribuição e o volume do escoamento superficial de uma determinada área de drenagem, baseando-se no hidrograma unitário adimensional regionalizado para pequenas bacias dos Estados Unidos. O CN é o principal parâmetro do modelo e para sua estimativa o SCS elaborou uma tabela que combina os quatro grupos hidrológico do solo com diversos tipos de uso e manejo do solo. Esses valores foram obtidos em pequenas bacias e parcelas experimentais nos Estados Unidos da América (EUA). (SARTORI, 2005, p 2).

Todos os fatores que afetam a geração do escoamento estão combinados em um índice chamado Número da Curva de Escoamento (CN), parâmetro característico da técnica. A aplicação do método para bacias sem monitoramento de chuva e vazão consiste, por padrão, na seleção do parâmetro CN nas tabelas publicadas no manual de origem norte-americana.

A mais importante característica deste parâmetro é a classificação dos solos em quatro grupos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com o potencial de escoamento superficial, sendo A o

grupo de menor potencial de escoamento e o D de maior potencial. O uso do parâmetro CN é o primeiro passo para levantamento da capacidade de escoamento.

A Figura 42 mostra quadro com as características de cada grupo de solo.

Figura 42 – Grupos de solos e suas características propostas pelo Método da SCS/USDA.

GRUPO de SOLO	CARACTERÍSTICAS do SOLO
A	<p>Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. Teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1% (Porto, 1979 e 1995).</p> <p>Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila (Tucci et al, 1993).</p>
B	<p>Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menos teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso das terras roxas, este limite pode subir a 20% graças à maior porosidade.</p> <p>Os dois teores de húmus podem subir a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superficial (Porto, 1979 e 1995).</p> <p>Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o Grupo A e com permeabilidade superior à média (Tucci et al, 1993).</p>
C	<p>Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidade de 1,2m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade (Porto, 1979 e 1995).</p> <p>Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundo (Tucci et al, 1993).</p>
D	<p>Solos argilosos (30 a 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade ou solos arenosos como do Grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados (Porto, 1979 e 1995).</p> <p>Solos contendo argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial (Tucci et al, 1993).</p>

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de Porto (1995) e Tucci (1993).

No entanto, como não existem métodos de calibração do CN para as condições locais específicas as estimativas são feitas baseando-se em informações contidas em mapas de solo e de uso da terra, bem como, características físicas do solo. É neste ponto que trabalhos como de Nishiyama (1998) e Andrade (2008) tornam-se imprescindíveis e fazem a ligação entre as classificações.

Tomaz (2002) cita McCuen (1998) que faz a classificação dos grupos hidrológicos A, B, C e D a partir da Capacidade Mínima de Infiltração (Tabela 6).

Tabela 6 – Capacidade Mínima de Infiltração conforme o grupo de solo.

GRUPO de SOLO	CAPACIDADE MÍNIMA de INFILTRAÇÃO (mm/h)	MÉDIA
A	7,62 a 11,43	9,53
B	3,81 a 7,62	5,72
C	1,27 a 3,81	2,54
D	0 a 1,27	0,64

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de McCuen (1998).

No Brasil existem solos que não se enquadram nas definições dos grupos hidrológicos do Método do CN o que leva pesquisadores como Sartori (2005) et al a proporem uma classificação hidrológica dos solos brasileiros a partir de trabalhos como de Lombardi Neto et al (1989) e da nova nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) proposto pela EMBRAPA em 1999.

A classificação proposta por Sartori (2005) é apresentada a seguir:

GRUPO HIDROLÓGICO A

- Solos muito profundos (maior que 200cm) ou profundos (100 a 200cm);
- Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância a erosão;
- Solos porosos com baixo gradiente textural (menor que 1,2) e textura média;
- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macro porosidade em todo perfil;
- Solos bem drenados ou excessivamente drenados;

- Solos com argila de atividade baixa
- Textura dos horizontes superficial e sub-superficial pode ser média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa.
- ENQUADRAM-SE NESTE GRUPO: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho ambos com textura argilosa ou muito argilosa e alta macro porosidade, com horizonte superficial não arenoso.

GRUPO HIDROLÓGICO B

- Solos profundos (100 a 200cm);
- Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;
- Solos porosos com gradiente textural variado entre 1,2 a 1,5;
- Solos com textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;
- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macro porosidade em todo perfil;
- Solos com argila de atividade baixa;
- A textura dos horizontes superficial e sub-superficial pode ser arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.
- ENQUADRAM-SE NESTE GRUPO: Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; Latossolo Bruno; Nitossolo Vermelho; Neossolo Quartzarênico; Argissolo Vermelho ou Vermelho-Amarelo de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

GRUPO HIDROLÓGICO C

- Solos profundos (100 a 200cm) ou pouco profundos (50 a 100cm);
 - Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância a erosão;
 - Solos com gradiente textural maior que 1,5 e comumente apresentam mudança textural abrupta;
-

- Solos associadas a argila de atividade baixa;
- A textura nos horizontes superficial e sub-superficial pode ser arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/ argilosa e arenosa/muito argilosa.
- ENQUADRAM-SE NESTE GRUPO: Argissolo pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; Cambissolo de textura média e Cambissolo Háptico ou Húmico, mas com características físicas semelhantes aos Latossolos; Espodossolos Ferrocárbico e Neossolo Flúvico.

GRUPO HIDROLÓGICO D

- Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão;
- Solos rasos com profundidade menor que 50cm;
- Solos pouco profundos associados a mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade;
- Solos orgânicos.
- ENQUADRAM-SE NESTE GRUPO: Neossolo Litólico; Organossolo; Gleissolo; Chernossolo; Planossolo; Vertissolo; Alissolo; Luvissolo; Plintossolo; solos de mangue; afloramento de rochas; demais Cambissolos que não se enquadram no Grupo C; Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos pouco profundos e associados a mudança textural abrupta.

Assim, classificações e estudos são desenvolvidos no sentido de adaptar o Método de CN para condições brasileiras. Para desenvolvimento deste trabalho tomou-se a classificação de Sartori et al (2005) e considerações extraídas dos trabalhos de Tomaz (2002).

Tomaz (2002) prossegue explicando a aplicação do método informando que existem tabelas de valores para CN aplicadas a bacias rurais e urbanas. Neste trabalho será utilizada a tabela com valores de zonas urbanas e suburbanas.

Tabela 7 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas.

UTILIZAÇÃO ou COBERTURA do SOLO	GRUPO de SOLO			
	A	B	C	D
Zonas cultivadas sem conservação de solo	72	81	88	91
Zonas cultivadas com conservação de solo	62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Baldios em boas condições	39	61	74	80
Prados em boas condições	30	58	71	78
Bosques ou zonas com cobertura ruim	45	66	77	83
Floresta com boa cobertura	25	55	70	77
Espaços abertos, relvados, parques, campos de golfe, cemitérios com boas condições				
Relva em mais de 75% da área	39	61	74	80
Relva de 50 a 75% da área	49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritório	89	92	94	95
Zonas industriais	81	88	91	93
Zonas residenciais				
Lotes de (m ²):	% de área impermeável			
Menor que 500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1300	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	68	79
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de Tucci (1993).

O Método de CN leva em consideração as condições antecedentes do solo, ou seja, seu grau de umidade. Em condições normais assumem-se os valores da condição II. Em condições úmidas, a situação III e condições secas a situação I representa o ajuste de valores. A figura a seguir mostra as condições de solo quanto ao grau de umidade.

Figura 43 – Condições do solo em relação à umidade antecedente.

CONDIÇÃO do SOLO	SITUAÇÃO do SOLO
I	Solo seco
II	Condições médias do solo. É a condição normal das tabelas do número CN.
III	Solo úmido. Ocorreram precipitações nos últimos 5 dias. Solo saturado.

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de McCUEN (1998).

As condições acima apresentadas podem ser avaliadas a partir da chuva antecedente em relação ao período latente e ao período de crescimento da cobertura vegetal conforme a Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 – Limites de cinco dias de chuva antecedente em relação ao período latente e período de crescimento.

CONDIÇÃO do SOLO	CHUVA ANTECEDENTE de 5 DIAS (mm)	
	Período latente	Período de crescimento
I	Menor que 12,7	Menor que 35,56
II	De 12,7 a 27,94	De 35,56 a 53,34
III	Maior que 27,94	Maior que 53,34

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de McCUEN (1998).

Assim, os valores das Tabelas 6 e 7 (para condição II) devem ser corrigidos de acordo como o grau de umidade antecedente seguindo os valores apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Ajustamento do número de curva CN da condição normal (II) para condição de solo seco (I) e solo úmido (III).

CONDIÇÃO NORMAL (II) do NÚMERO CN	NÚMERO CN CORRESPONDENTE A DEVIDA CONDIÇÃO	
	CONDIÇÃO I	CONDIÇÃO III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Fonte: Tomaz (2002) adaptado de McCuen (1998).

Tomaz (2002) ainda ressalta que, devido à impermeabilização do solo em áreas urbanas, o valor de CN deve sofrer outro ajuste a ser calculado pela expressão matemática apresentada na Equação 4. Nesta equação, CNw é a soma composta do coeficiente da área permeável e da área impermeável sendo válido para áreas com mais de 30% de impermeabilização.

$$CNw = CNp \times (1 - f) + (f \times 98) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

CNw é o CN composto da área em estudo;

CNp é o CN da área permeável da bacia em estudo e

f é a fração da área impermeável

6.3 Ocupação e Uso do Solo na Área de Estudo

A cidade de Uberlândia ocupa o 2º lugar em população em Minas Gerais e apresentou um crescimento de 20,1% da população urbana entre os anos de 2000 e 2010 de acordo com dados divulgados pela Prefeitura Municipal (PMU) no documento Banco de Dados Integrados de 2011.

Calderari (2012) traça perfil histórico da Bacia do Córrego Jataí onde aponta a construção e instalação do Parque do Sabiá e Estádio do Sabiá no início da década de 1980 como fundamentais no crescimento econômico e populacional associado à consolidação e crescimento da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e instalação de comércio diversificado, batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG), Centro Administrativo e Câmara Municipal.

De modo geral este fenômeno se repete em toda cidade demandando a criação de documentos orientadores e reguladores desta expansão. A Figura 44 mostra o Macrozoneamento do Município de Uberlândia (2011) instituído pela Lei Complementar nº 525 de 14 de Abril de 2011 que tem como objetivo a “gestão eficiente e sustentável do uso do solo” considerando a inter-relação entre fatores naturais e antrópicos e delimitando as zonas de ocupação e uso do solo urbano.

No Capítulo II deste documento é feita a divisão em zonas da área urbana do município dentro de nomenclatura abaixo apresentada:

- I - Zona Central 1 – ZC1;
- II - Zona Central 2 – ZC2;
- III - Zona Cultural do Fundinho – ZCF;
- IV – Zona Residencial 1 – ZR1;
- V - Zona Residencial 2 – ZR2;
- VI - Zona Residencial 3 – ZR3;
- VII – Zona Residencial de Proteção Ambiental - ZRPA;
- VIII – Zona Especial de Interesse Social – ZEIS;
- IX - Zona de Preservação Parcial – ZPP;
- X - Zona Mista – ZM;
- XI - Zona de Preservação e Lazer – ZPL;
- XII - Zona de Proteção ao Aeroporto – ZPA;
- XIII - Zona de Transição – ZT;
- XIV - Zona Industrial – ZI;
- XV – Setor de Vias de Serviços – SVS;
- XVI - Setor de Vias Arteriais – SVA;
- XVII - Setor de Vias Coletoras – SVC;
- XVIII – Setor de Vias Estruturais – SVE;
- XIX – Setor de Vias Especiais – SE

São definidos parâmetros norteadores desta classificação, além de estabelecer Áreas de Diretrizes Especiais como ADE – IV (Área de Diretrizes Especiais – IV) sendo composta pela região em torno do aeroporto com especificidade do uso de solo e delimitada pela Zona de Proteção do Aeroporto (ZPA).

Os usos de solo são classificados quanto à dimensão do lote, porte da edificação e atividade em Habitação (H), Comércio (C), Serviços (S), Equipamentos Sociais e Comunitários (E), Indústria (I) e Misto (M).

A Figura 45 mostra as zonas de ocupação do espaço urbano de acordo com esta lei.

Figura 45 – Zoneamento da área urbana de Uberlândia.



Fonte: http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/1836.pdf

A partir desta legislação e medições feitas na bacia do Córrego Jataí procedeu-se ao estudo deste trabalho. Juntando-se as características geomorfológicas levantadas por Andrade (2008), à classificação proposta pelo SCS-CN, uso ocupação do solo e influencias de cada região desta bacia procurou-se prever o comportamento de galerias existentes e propor novos materiais e conformações ao escoamento.

O estudo da instalação, mesmo que virtual, de meandros controlados e dispositivos controladores de fluxo procura vislumbrar a possibilidade de novas formas construtivas e novas maneiras de relacionamento entre o espaço urbano e seus rios. Propondo retardar o fluxo, reduzir custos e diminuir efeitos destrutivos de cheias.

CAPÍTULO 7

PROCEDIMENTOS

De posse dos dados coletados, características de terreno, uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Jataí em Uberlândia (MG) passou-se ao procedimento de simulação de perfis de condutos submetidos a descargas das áreas componentes da bacia.

7.1 Classificações de Solos da Bacia do Córrego Jataí

A classificação de solos para análise de qualquer bacia de estudo tem elevada importância uma vez que revela o comportamento deste material frente à infiltração e escoamento superficial.

O levantamento promovido por Andrade (2008) das características do solo de áreas de expansão da cidade de Uberlândia a partir de dados obtidos junto à EMBRAPA, Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) e Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU) tem sua importância pela particularização do estudo, ou seja, a caracterização em nível local.

No entanto, para o entendimento e previsões de comportamento frente a inundações é necessário fazer a correspondência entre a classificação dos materiais inconsolidados apresentados por Andrade (2008) e modelos desenvolvidos para o estudo da capacidade de absorção e escoamento superficial. Entre estes se destaca o modelo conhecido como Chuva-Vazão ou Chuva Excedente do *U. S. Soil Conservation Service* (SCS).

Sobrepondo-se o trabalho de Andrade (2008) com o Método do Número de Curva do SCS para proceder aos estudos relacionados ao escoamento superficial propõe-se relacionar a UNIDADE 2 (Materiais Hidro mórficos) ao GRUPO HIDROMÓRFICO B; a UNIDADE 3

(Residual da Formação Marília) ao GRUPO HIDROMÓRFICO C e UNIDADE 5 (Material Retrabalhado Argiloso II) ao GRUPO D.

7.2 Classificações de Ocupação de Áreas da Bacia do Córrego Jataí

Além da relação de classificações proposta em relação ao solo, se faz necessário dividir a bacia de estudo em áreas adotando o critério de semelhança de uso e ocupação, além da contribuição ao escoamento do Córrego Jataí. São propostas quatro classes de contribuição.

- **ÁREAS NÃO CONTRIBUINTES:** descarregam fora dos limites da bacia estudada, no entanto, fazem parte de bairros abrangidos ou
- **ÁREAS CONTRIBUINTES PONTUAIS:** descarregam suas contribuições em pontos bem definidos da galeria existente ou
- **ÁREAS CONTRIBUINTES COM AMORTECIMENTO:** descarregam suas contribuições em reservatórios de detenção/retenção intermediárias e, posteriormente, no lago do Parque Sabiá ou diretamente sobre este ou
- **ÁREAS CONTRIBUINTES DIFUSAS:** contribuem ao longo do percurso do córrego canalizado, ou seja, após a saturação do solo seus potenciais de escoamento chegam ao máximo e descarregam ao longo de vias públicas sendo captadas pela rede pluvial.

Na Tabela 10, a seguir, são apresentadas as características das áreas de contribuição mostradas na Figura 22 e pontos de captação do escoamento na galeria em estudo. Foram atribuídos nomes; classes de contribuição; áreas de contribuição; coordenadas topográficas dos pontos de captação com atribuição de nomes específicos e localização ao longo da galeria a partir do início desta sob rotatória no cruzamento entre avenidas Benjamin Magalhães e Anselmo Alves dos Santos.

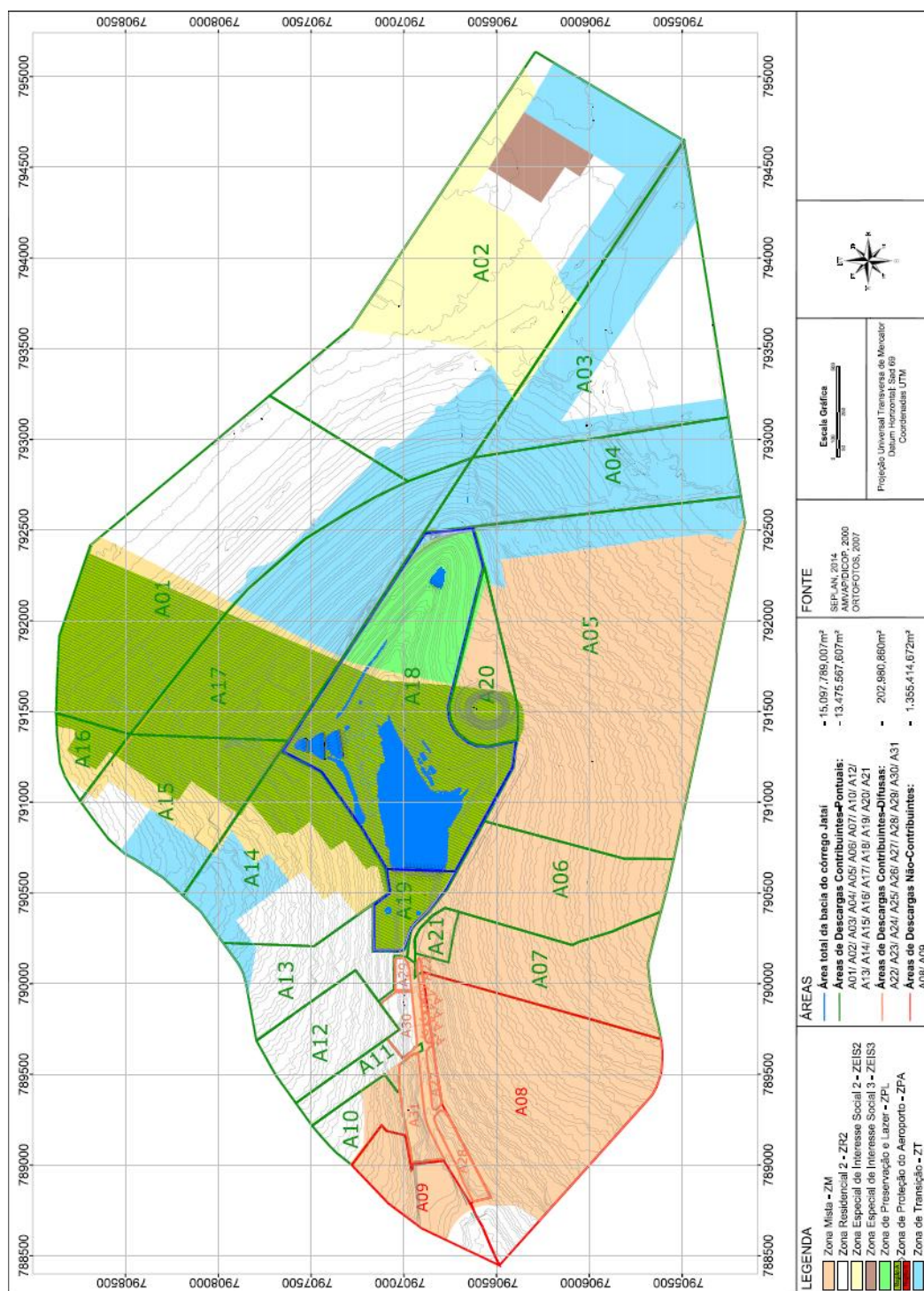
Tabela 10 – Características das Áreas de Contribuição e pontos de captação.

NOME	CONTRIBUIÇÃO	ÁREA(m2)	PONTOS de DESCARGA e CAPTAÇÃO				
			TESTADA	X(UTM)	Y(UTM)	COTAS(m)	Nome
A01	amortec. (ret+lago)	1497107.8		790099.14	7906915.40	853	A01
A02	amortec. (ret+lago)	2243422.63		790099.14	7906915.40	853	A02
A03	amortec. (ret+lago)	1078027.04		790099.14	7906915.40	853	A03
A04	amortec. (lago)	632592.94		790099.14	7906915.40	853	A04
A05	amortec. (lago)	2116357.31		790099.14	7906915.40	853	A05
A06	contribuinte pontual	544783.98		790099.14	7906915.40	853	A06
A07	contribuinte pontual	544147.32		790099.14	7906915.40	853	A07
A08	não contribuinte	1122787.5					A08
A09	não contribuinte	232627.17					A09
A10	contribuinte pontual	128323.68		788975.24	7906715.87	853	A10
A11	contribuinte pontual	102623.04		789592.27	7906860.73	856	A11
A12	contribuinte pontual	271640.45		789758.28	7906877.81	856	A12
A13	contribuinte pontual	293159.37		790099.14	7906915.40	853	A13
A14	contribuinte pontual	728387.27		790099.14	7906915.40	853	A14
A15	contribuinte pontual	562194.85		790099.14	7906915.40	853	A15
A16	amortec. (ret+lago)	103921.88		790099.14	7906915.40	853	A16
A17	amortec. (lago)	1022441.51		790099.14	7906915.40	853	A17
A18	amortec. (lago)	1232233.61		790099.14	7906915.40	853	A18
A19	contribuinte difusa	114837.23	522.63	790099.14	7906915.40	853	A19
A20	amortec. (lago)	209885.33		790099.14	7906915.40	853	A20
A21	contribuinte pontual	46571.38		790099.14	7906915.40	853	A21
A22	contribuinte difusa	2966.27	146.56	790038.30	7906904.30	853	A22-1
				789999.00	7906892.50	852	A22-2
A23	contribuinte difusa	2147.15	87.82	789906.40	7906881.50	851	A23
A24	contribuinte difusa	2139.11	71.95	789852.90	7906845.50	850	A24-1
				789809.40	7906871.60	850	A24-2
A25	contribuinte difusa	3529.99	70.95	789744.80	7906865.40	849	A25-1
				789711.70	7906863.20	849	A25-2
A26	contribuinte difusa	15214.11	126.76	789669.20	7906858.90	849	A26-1
				789626.20	7906857.60	849	A26-2
A27	contribuinte difusa	13165.65	348.72	789552.30	7906842.50	847	A27-1
				789493.80	7906836.90	847	A27-2
				789762.90	7906834.60	847	A27-3
				789404.60	7906829.90	846	A27-4
				789345.80	7906827.90	846	A27-5
				789280.30	7906828.90	845	A27-6
				789250.80	7906794.80	844	A27-7
				789239.70	7906803.00	844	A27-8
A28	contribuinte difusa	45544.15	595.16	789214.20	7906795.60	844	A28-1
				789130.00	7906779.20	843	A28-2
				789090.80	7906761.30	843	A28-3
				789059.40	7906746.80	842	A28-4
A29	contribuinte difusa	13165.65	189.37	790,069.7	7906937.10	852	A29-1
				789997.40	7906915.40	851	A29-2
A30	contribuinte difusa	43921.56	298.50	789853.60	7906901.90	850	A30-1
				789812.40	7906898.30	850	A30-2
				789748.60	7906892.00	849	A30-3
				789713.40	7906887.90	849	A30-4
				789669.90	7906884.00	849	A30-5
				789617.30	7906859.90	848	A30-6
				789574.70	7906857.50	848	A30-7
A31	contribuinte difusa	71813.41	600.09	789524.60	7906867.90	847	A31-1
				789491.40	7906863.40	847	A31-2
				789462.60	7906859.60	846	A31-3
				789405.30	7906852.20	846	A31-4
				789344.90	7906844.90	845	A31-5
				789285.10	7906839.60	844	A31-6
				789217.70	7906832.90	844	A31-7
				789190.90	7906823.60	844	A31-8
				789170.50	7906813.30	843	A31-9
				789125.90	7906800.30	843	A31-10
				789085.80	7906779.90	843	A31-11
				789037.70	7906757.10	843	A31-12
				788992.30	7906730.20	842	A31-13
				788957.70	7906712.60	842	A31-14

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por exemplo, a área A27 é de contribuição difusa; tem ocupação de 13165,65 m²; testada voltada a avenida de 348,72 metros; distribui seu escoamento por oito pontos de coleta (bocas-de-lobo) chamados de A27-1 a A27-8 com suas coordenadas topográficas e distancias ao ponto inicial da galeria sob a Rotatória Marcos Antônio Ribeiro.

Figura 46 – Bacia do Córrego Jataí dividida em áreas de contribuição e ocupação.



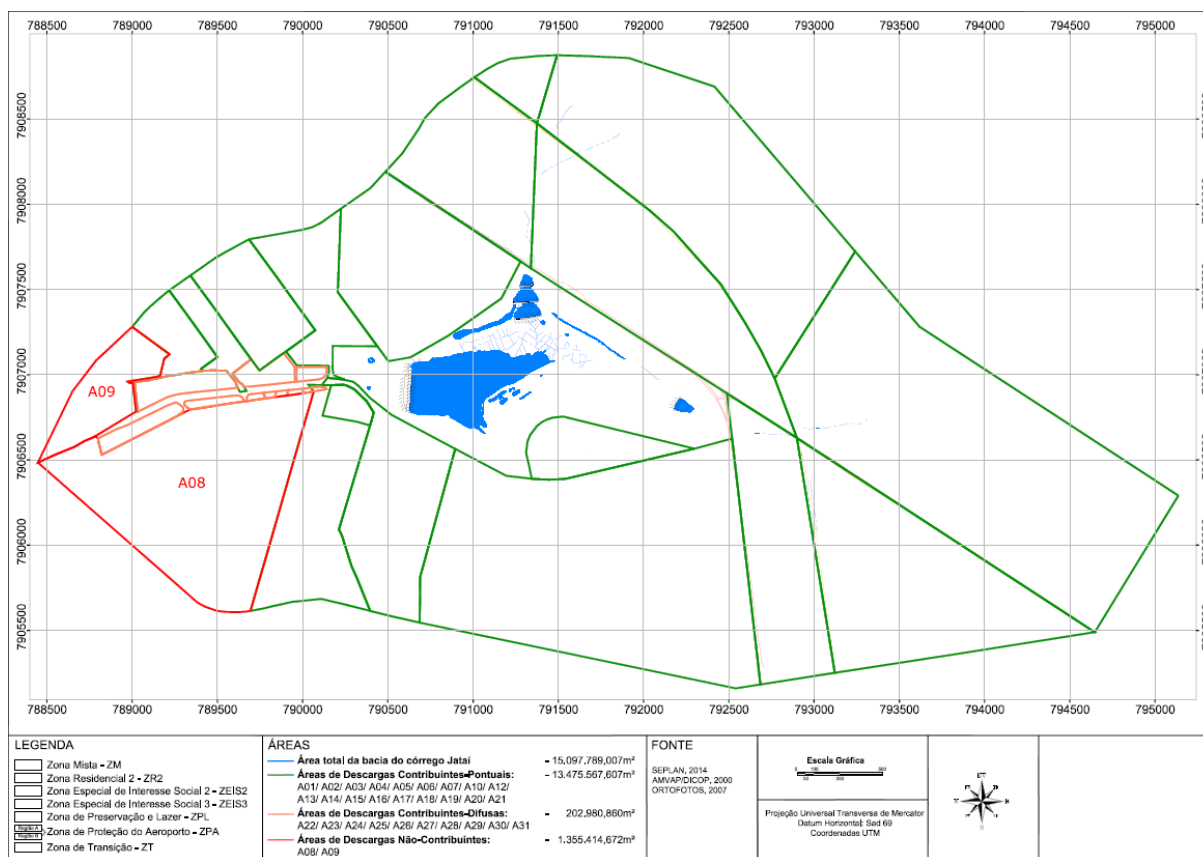
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de mapa fornecido pela PMU.

Neste trabalho foram identificadas como áreas não contribuintes aquelas que fazem parte de bairros cobertos pela bacia e suas redes pluviais descarregam a jusante do trecho estudado. Ou seja, o estudo das vazões não compreende toda bacia do Córrego Jataí.

- A08 constitui a parte mais baixa do Bairro Santa Mônica. Zona de ocupação residencial, comercial e serviço. O campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia se localiza nesta área. Sua descarga se dá ao longo da Avenida Ubiratan Honório de Castro e abaixo do percurso canalizado em estudo.
- A09 constitui parte do Bairro Tibery com predominância de ocupação residencial e comercial. Grande shopping center compõe esta área que descarrega pluvialmente abaixo da área de estudo e no Córrego São Pedro sob a Avenida Rondon Pacheco.

A Figura 47 mostra as Áreas Não Contribuintes à bacia em estudo.

Figura 47 – Áreas Não-Contribuintes à Bacia do Córrego Jataí.



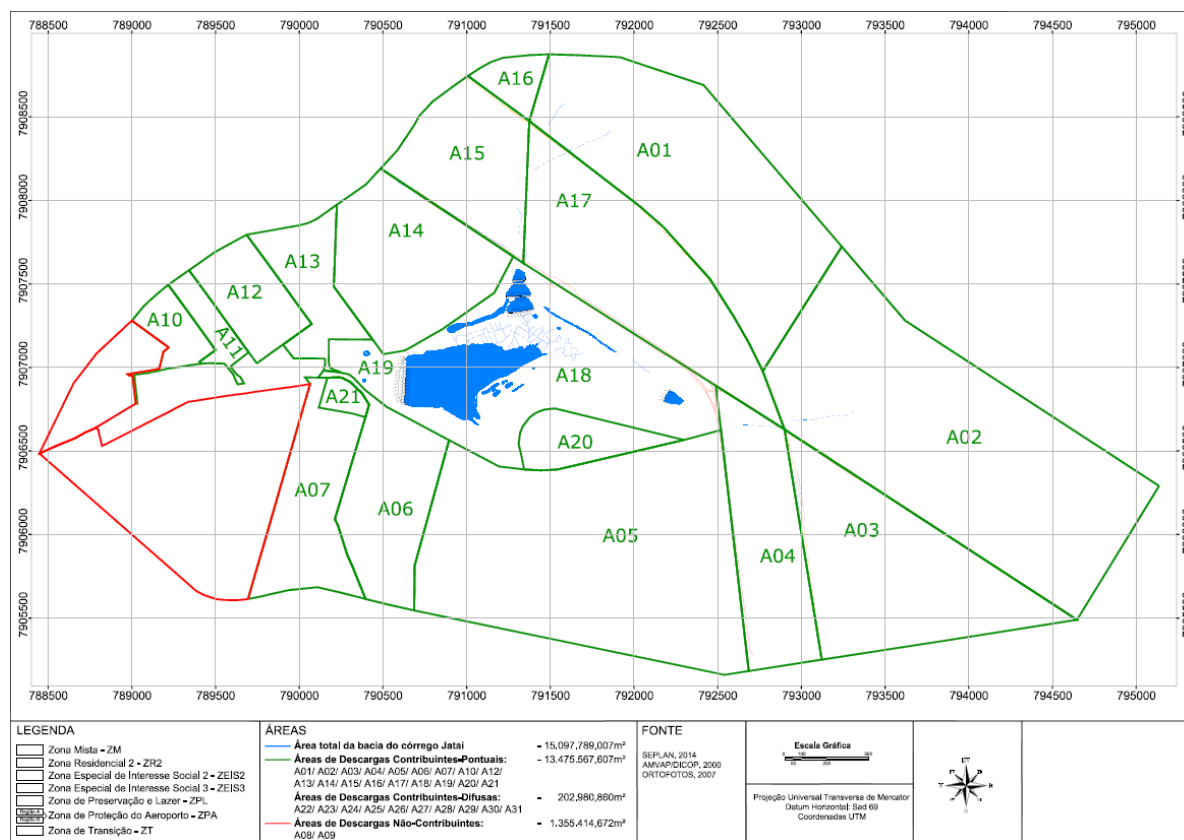
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de mapa fornecido pela PMU.

São Áreas Contribuintes Pontuais aquelas cujo lançamento na galeria se dá em pontos bem-definidos:

- A06 e A07 constituem a parte média do Bairro Santa Mônica e suas descargas se dão a jusante do lago do Parque Sabiá sob a Rotatória Marcos Antônio Ribeiro (A06) e poucos metros abaixo (A07).
- A10, A11, A12, A13 e A14 correspondem a áreas do Bairro Tibery de ocupação e utilização mista (ZM). Estão nos limites entre a Bacia do Córrego Jataí e Bacia do Córrego São Pedro (Avenida Rondon Pacheco). Suas descargas se dão imediatamente abaixo da barragem do lago e ao longo do córrego canalizado.
- A15 corresponde a área do bairro Custódio Pereira. Classificada como Zona de Transição por apresentar ocupação residencial, comercial e certas atividades industriais como cerealistas e fábrica de refrigerantes. É delimitada pela rodovia BR 050 e a ferrovia FCA.
- A19 está situada imediatamente a jusante do lago do Parque Sabiá nas dependências do parque. Conta com campo de futebol, piscinas, nascentes, área de recreio e viveiro de mudas da Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU). Sua descarga se dá a jusante do lago do Parque Sabiá sob a Rotatória Marcos Antônio Ribeiro.
- A21 é ocupada pelo 17º Batalhão da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) e sua descarga se dá sob a Rotatória Marcos Antônio Ribeiro.

A Figura 48 mostra as Áreas Contribuintes.

Figura 48 – Áreas Contribuintes à Bacia do Córrego Jataí.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de mapa fornecido pela Prefeitura Municipal de Uberlândia.

As áreas de contribuição com amortecimento são aquelas que amortecem suas descargas nos reservatórios de detenção/retenção e depois vão ao lago do Parque Sabiá. Quatro destas áreas lançam diretamente sobre este.

- A01 é área em construção e valorização crescente. Apresenta vias asfaltadas e urbanizadas com alguns empreendimentos em construção como um shopping center, além de residencial de alto padrão. Sua descarga pluvial é feita em bacia de detenção em bom estado de conservação às margens da Avenida Anselmo Alves dos Santos e, posteriormente, chega ao lago do Parque do Sabiá.
- A02 corresponde a ocupações e loteamentos recentes sendo bairros de classe mais pobres. A área tem como divisor de águas a Avenida Solidariedade e descarrega em bacias de detenção/retenção que, posteriormente, lançam na Bacia do Rio Araguari (leste) e Bacia do Córrego Jataí (Rio Uberabinha) a oeste. A bacia de detenção/retenção desta região teve sua cerca destruída e tornou-se local de lançamento de

entulhos de construção e lixo. Assim, teve seus estravasesores entupidos e funciona precariamente tornando-se foco de mau cheiro e proliferação de animais como ratos e urubus segundo relato de técnicos da Prefeitura Municipal de Uberlândia e constatação feita no local pelo autor desta pesquisa. Seu ponto de descarga é o lago do Parque do Sabiá há mais de 1500 metros.

- A03 apresenta área vazia em construção de residências e conjuntos de alto e médio padrão. Descarrega em três bacias de detenção retenção de grande porte e posteriormente no lago do Parque do Sabiá.
 - A04 que corresponde a área em ocupação e compreendida entre a rodovia BR 050 e a ferrovia FCA. Apresenta terreno plano e seu lançamento será feito em bacia de detenção nas margens da Avenida Anselmo Alves dos Santos.
 - A05 é zona de ocupação mista (residencial, comercial e serviços) tendo seu escoamento lançado no lago do Parque Sabiá por captação na Avenida Anselmo Alves dos Santos e condução por tubulação metálica de grande porte, canaleta em concreto protendido e canal em gabiões. Apresenta problemas de alagamentos por enxurradas de grande volume e rede pluvial pequena e insuficiente. Pode-se observar que esta rede se encontra localizada na parte média do Bairro Santa Mônica. Nos últimos anos a PMU empreendeu obras de melhoria e aumento da rede pluvial.
 - A16 é área do Bairro Custódio Pereira próximo ao aeroporto de ocupação residencial. Lança sua contribuição em bacia de detenção em bom estado de conservação. Posteriormente, chega à galeria construída sob a Avenida Anselmo Alves dos Santos a jusante do lago do Parque Sabiá em tubulação de 1800 metros de extensão aproximadamente.
 - A17 foi considerada como extensão de A01. Apresenta pequena ocupação de empresas, além de conter área de nascente de afluente que teve seu curso canalizado e lançado sobre nascente interna ao Parque do Sabiá.
 - A18 é área de ocupação do Parque do Sabiá. A nascente principal e nascentes secundárias do Córrego Jataí se encontram em suas dependências e são protegidas por cercas e alambrados. O lago do parque recebe escoamento destas nascentes, bem como, de parte de rede pluvial do Bairro Santa Mônica. A partir da barragem deste lago, nos limites do parque, são lançadas contribuições de bairros adjacentes.
 - A20 compreende área ocupada pelas instalações da Arena Tancredo Neves (Sabiázinho) que é um ginásio poliesportivo, além do Estádio Municipal Parque do Sabiá. A descarga pluvial desta área é feita no lago do parque.
-

A Figuras 49 e 50 mostram os dispositivos construídos nas dependências do parque para receber as descargas da área contribuinte A05.

Figura 49 – Tubulação metálica e canaleta receptores de descarga da área A05.



Foto do autor.

Figura 50 – Canal em gabião lançando sobre o lago.



Foto do autor.

Deve-se esclarecer que os pontos de lançamento das áreas A01, A02, A03 e A04 sobre o lago se dão frente ao estádio depois de percorrer 1800 metros aproximadamente

As Áreas de Contribuição Difusa se encontram em torno do córrego canalizado, ou seja, abaixo da barragem do lago. São elas:

- A22 é ocupada pela sede do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia.
- A23 está desocupada e conta com árvores como mangueiras.
- A24 tem galpões comerciais.
- A25 está desocupada e apresenta vegetação de gramíneas.
- A26 é ocupada por posto de combustíveis.
- A27 está desocupada e apresenta vegetação de gramíneas e capim.
- A28 é ocupada pela Prefeitura Municipal de Uberlândia e Câmara dos Vereadores.
- A29 está desocupada e conta com árvores e gramíneas.
- A30 está em ocupação por condomínios residenciais e galpões de uso comercial.
- A31 está desocupada e conta com árvores e gramíneas, além de posto de combustíveis.

As áreas de contribuição difusa tiveram sua contribuição calculada pela descarga em pontos da rede pluvial (bocas-de-lobo) existentes.

A Figura 51 mostra as Áreas de Contribuição Difusas.

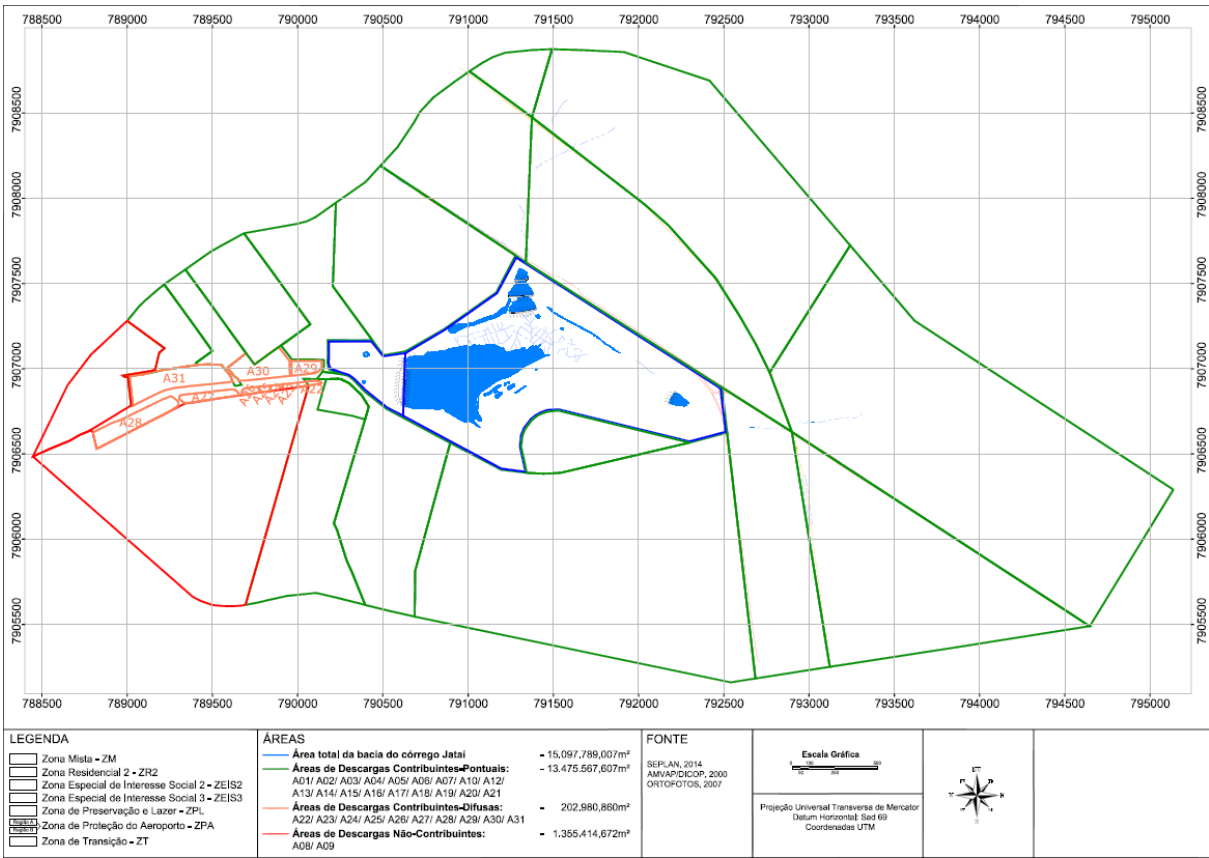


Tabela 11 – Tempos de Concentração de bacias contribuintes (1ª parte).

NOME	CONTRIBUIÇÃO	PARÂMETROS FÍSICOS					ÁREA(m2)	TIPO de SOLO		TEMPO de CONCENTRAÇÃO(min)										MÉDIAS minutos
		L(Km)	Hmon(m)	Hjus(m)	S0(m/Km)	Alfa(%)		SCS	CN IIres	VTC	PICKING	SCS-Lag	SCS	KIRPICH	DAVID	SCHAAKPICKERIN	GERMANC			
A01	amortec. (ret-lago)	1.62	942.00	922.00	12.35	3.73	1497107.80	D	92	32.07	30.92	29.74	66.24	31.32	30.57	18.73	31.34	19.93	32.32	
A02	amortec. (ret-lago)	2.30	942.00	922.00	8.70	41.36	2243422.63	D	98	44.90	43.89	33.40	40.01	46.94	45.74	11.52	46.98	14.11	36.39	
A03	amortec. (ret-lago)	0.79	944.00	942.00	2.53	3.25	1078027.04	D	97	33.63	32.49	27.97	57.08	33.15	32.11	21.04	33.18	10.98	31.29	
A04	amortec. (lago)	1.44	944.00	907.00	25.69	6.25	632592.94	D	92	23.52	22.40	18.57	34.06	21.57	21.13	14.16	21.59	15.61	21.40	
A05	amortec. (lago)	2.19	945.00	870.00	34.25	71.05	2116357.31	D	99	28.06	26.91	15.41	9.91	26.67	26.16	7.95	26.69	11.66	19.94	
A06	contribuinte pontual	0.89	880.00	853.00	30.24	68.97	544783.98	D	99	16.45	15.43	8.03	5.46	14.02	13.75	6.59	14.04	5.33	11.01	
A07	contribuinte pontual	1.41	897.00	853.00	31.21	65.40	544147.32	D	99	21.81	20.70	11.46	8.05	19.69	19.31	7.41	19.71	8.09	15.14	
A10	contribuinte pontual	0.57	870.00	842.80	47.72	69.92	128323.68	B	98	10.66	9.83	4.72	3.87	8.33	8.18	5.48	8.33	3.57	7.00	
		C	96	8.56	7.82			3.89	4.14	6.39	6.29	4.99	6.40	2.95	5.72					
		D	97	8.26	7.54			3.60	3.50	6.13	6.02	4.96	6.13	2.61	5.42					
A11	contribuinte pontual	1.10	879.00	848.00	28.18	70.39	102623.04	B	98	19.22	18.15	10.38	9.63	16.92	16.58	6.97	16.93	6.37	13.46	
		C	96	19.22	18.15			11.56	14.96	16.92	16.58	6.97	16.93	6.37	14.18					
		D	97	19.22	18.15			10.98	12.46	16.92	16.58	6.97	16.93	6.37	13.84					
A12	contribuinte pontual	0.82	884.00	849.50	42.07	71.67	271640.45	B	98	14.01	13.06	6.68	5.51	11.56	11.36	6.06	11.57	4.89	9.41	
		C	96	14.01	13.06			7.48	8.75	11.56	11.36	6.06	11.57	4.89	9.86					
		D	97	10.75	9.92			4.98	4.82	8.41	8.27	5.44	8.41	3.77	7.20					
A13	contribuinte pontual	0.77	894.00	853.00	53.25	70.03	293159.37	C	99	12.48	11.58	5.46	3.54	10.06	9.89	5.78	10.07	4.66	8.17	
		D	97	12.48	11.58	6.01		5.81	10.06	9.89	5.78	10.07	4.66	8.48						
A14	contribuinte pontual	1.18	905.00	853.00	44.07	68.36	728387.27	C	99	17.43	16.39	8.47	5.89	15.03	14.77	6.65	15.05	6.83	11.83	
		2.12	891.00	853.00	17.92	D		97	33.81	32.67	23.28	29.56	33.37	32.63	8.83	33.40	11.45	26.56		
A15	contribuinte pontual	1.86	910.00	853.00	30.65	55.26	562194.85	D	98	26.19	25.05	15.04	13.25	24.54	24.07	8.30	24.57	10.81	19.09	
		1.86	910.00	853.00	30.65	D		97	26.19	25.05	16.03	17.81	24.54	24.07	8.30	24.57	10.81	19.71		
A16	amortec. (ret-lago)	0.32	935.00	923.00	37.50	55.10	103921.88	D	99	7.96	7.25	3.18	2.07	5.86	5.75	5.27	5.86	2.29	5.06	
A17	amortec. (lago)	0.72	922.00	885.00	51.39	15.27	1022441.51	C	98	12.09	11.21	5.41	4.09	9.69	9.52	8.50	9.69	6.64	8.54	
		1.23	925.00	885.00	32.52	D		91	19.72	18.65	14.93	26.50	17.45	17.11	10.40	17.46	10.65	16.99		
A18	amortec. (lago)	1.09	904.00	865.00	35.78	0.83	1232233.61	C	88	17.71	16.67	14.70	28.35	15.32	15.04	21.21	15.34	21.13	18.38	
		1.00	865.50	853.00	12.50	4.28		C	89	23.46	22.33	22.80	56.44	21.50	20.98	16.06	21.52	12.55	24.18	
A20	contribuinte difusa	1.01	902.00	879.00	22.77	60.38	209885.33	C	100	19.49	18.41	9.69	4.06	17.19	16.83	7.35	17.21	6.16	12.93	
		0.35	890.00	879.00	31.43	D		100	8.92	8.17	3.53	1.37	6.72	6.59	5.41	6.72	2.42	5.54		
A21	contribuinte pontual	0.94	870.00	853.00	18.09	69.75	46571.38	C	97	20.03	18.95	12.01	14.92	17.78	17.39	7.22	17.80	5.56	14.63	
		0.04	853.00	852.80	4.54	C		100	4.40	3.92	1.77	1.11	2.87	2.79	4.13	2.87	0.36	2.69		
A22	contribuinte difusa	0.09	853.00	850.66	27.21	83.01	2966.27	C	100	3.80	3.36	1.23	0.50	2.41	2.36	3.64	2.41	0.64	2.26	
		0.06	852.50	850.60	31.67	0.00		C	88	2.88	2.52	1.54	3.08	1.72	1.69	#DIV/0!	#DIV/0!	1.72	2.16	
A24	contribuinte difusa	0.05	852.10	850.00	44.68	35.68	2139.11	C	98	2.21	1.91	0.67	0.60	1.25	1.23	3.62	1.25	0.48	1.47	
		0.06	852.10	849.80	37.10	C		98	2.79	2.44	0.92	0.86	1.66	1.63	3.99	1.66	0.61	1.84		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 – Tempos de Concentração de bacias contribuintes (2ª parte).

NOME	CONTRIBUIÇÃO	PARÂMETROS FÍSICOS					ÁREA(m2)	TIPO de SOLO		TEMPO de CONCENTRAÇÃO(min)										MÉDIAS
		L(Km)	Hmon(m)	Hjus(m)	S0(m/Km)	AltA(%)		SCS	CN IIres	VTC	PICKING	SCS-Lag	SCS	KIRPICH	DAVID	SCHAAKEPICKERIN	GERMANC			
A25	contribuinte difusa	0.06	852.10	849.20	49.15	0.00	3529.99	B	80	2.47	2.15	1.62	3.34	1.44	#DIV/0!	1.44	#DIV/0!	1.98		
		0.08	852.10	849.00	36.90			C	88	3.40	2.99	1.87	3.59	2.10	2.06	#DIV/0!	2.11	#DIV/0!	2.59	
A26	contribuinte difusa	0.07	851.20	848.90	33.33	15214.11		B	100	3.10	2.72	0.95	0.46	1.88	1.84	3.27	1.88	0.52	1.85	
		0.11	851.20	848.50	25.71			C	98	4.40	3.92	1.67	1.61	2.87	2.81	3.78	2.87	0.75	2.74	
A27	contribuinte difusa	0.07	851.20	847.20	54.05	2.77	13165.65	B	81	2.77	2.42	1.81	3.61	1.65	1.62	7.62	1.65	1.42	2.73	
		0.09	851.20	846.80	48.35					3.28	2.88	2.26	4.64	2.02	1.98	8.15	2.02	1.70	3.21	
		0.12	851.20	846.50	39.50					4.16	3.69	3.10	6.69	2.68	2.63	8.98	2.68	2.16	4.08	
		0.15	851.20	846.00	35.37					4.93	4.41	3.87	8.60	3.29	3.23	9.61	3.29	2.60	4.87	
		0.20	851.20	845.50	28.22					6.49	5.87	5.59	13.14	4.58	4.49	10.75	4.59	3.44	6.55	
		0.26	851.20	845.20	23.26					8.08	7.37	7.49	18.47	5.96	5.84	11.76	5.97	4.27	8.36	
A28	contribuinte difusa	0.32	851.20	844.40	20.99	79.97	45544.15	B	99	9.66	8.87	9.46	23.94	7.39	7.24	12.63	7.40	5.23	10.20	
		0.38	851.20	843.80	19.53					10.93	10.09	11.12	28.65	8.58	8.39	13.27	8.58	6.00	11.73	
		0.09	848.30	843.50	55.17					3.06	2.68	0.91	0.46	1.85	1.82	3.29	1.85	0.66	1.84	
		0.13	848.30	842.90	41.22					4.36	3.88	1.45	0.79	2.84	2.79	3.81	2.84	0.94	2.63	
		0.16	848.30	842.50	35.37					5.29	4.74	1.88	1.06	3.58	3.51	4.12	3.58	1.15	3.21	
		0.21	848.30	842.30	28.85					6.57	5.94	2.52	1.50	4.65	4.56	4.50	4.65	1.42	4.03	
A29	contribuinte difusa	0.14	857.50	851.60	43.38	0.00	13165.65	C	88	4.39	3.91	2.54	4.68	2.86	2.81	#DIV/0!	2.87	#DIV/0!	3.44	
		0.22	857.50	850.70	31.34					6.58	5.94	4.34	8.67	4.65	4.56	#DIV/0!	4.66	#DIV/0!	5.63	
A30	contribuinte difusa	0.20	868.20	850.10	90.05	11.27	43921.56	B	83	4.47	3.97	2.91	4.98	2.92	2.88	6.19	2.92	2.34	3.73	
		0.21	868.20	849.80	88.04					4.61	4.11	3.04	5.22	3.04	2.99	6.27	3.04	2.42	3.86	
		0.23	868.20	849.40	81.03					5.06	4.53	3.45	6.04	3.40	3.35	6.52	3.40	2.66	4.27	
		0.25	868.20	848.90	76.59					5.44	4.88	3.79	6.74	3.70	3.65	6.71	3.70	2.86	4.61	
		0.28	868.20	848.70	69.89					5.97	5.38	3.87	6.69	4.15	4.08	6.98	4.15	3.13	4.93	
		0.31	868.20	848.40	64.08					6.56	5.93	4.39	7.75	4.64	4.56	7.25	4.64	3.42	5.46	
A31	contribuinte difusa	0.35	868.20	847.60	58.86	2.56	71813.41	C	86	7.30	6.63	5.06	9.13	5.28	5.19	7.57	5.28	3.82	6.14	
		0.14	854.50	847.20	53.68					4.10	3.64	2.96	5.92	2.64	2.60	9.01	2.64	2.48	4.00	
		0.13	854.50	846.80	58.78					3.89	3.45	2.74	5.37	2.48	2.44	8.80	2.48	2.40	3.78	
		0.13	854.50	846.40	63.28					3.75	3.31	2.60	4.99	2.36	2.33	8.65	2.37	2.35	3.63	
		0.14	854.50	845.50	65.69			B	81	3.87	3.42	2.69	5.12	2.46	2.42	8.73	2.46	2.50	3.74	
		0.16	854.50	845.20	56.71					4.55	4.05	3.41	6.79	2.98	2.94	9.34	2.99	2.93	4.44	
		0.20	854.50	844.40	49.51					4.55	4.90	4.35	8.96	3.72	3.66	10.06	3.72	3.55	5.37	
		0.26	854.50	843.80	40.68					6.84	6.19	5.88	12.71	4.88	4.79	11.03	4.88	4.44	6.85	
		0.32	854.50	843.50	34.38			B	80	8.18	7.47	7.48	16.88	6.06	5.94	11.88	6.06	5.28	8.36	
		0.35	854.50	843.40	31.53					8.94	8.19	8.43	19.43	6.74	6.61	12.32	6.74	5.74	9.24	
		0.37	854.50	842.90	31.61					9.18	8.41	8.71	20.06	6.95	6.82	12.44	6.96	5.96	9.50	
		0.41	854.50	842.80	28.54					10.18	9.37	10.02	23.66	7.87	7.72	12.99	7.88	6.57	10.70	
		0.43	854.50	842.60	28.00					10.48	9.66	10.41	24.70	8.15	7.99	13.14	8.16	6.78	11.05	
		0.47	854.50	842.40	25.91					11.41	10.55	11.66	28.23	9.03	8.85	13.61	9.04	7.37	12.20	
		0.52	854.50	841.90	24.37			12.42	11.52	13.05	32.07	10.00	9.80	14.08	10.01	8.06	13.45			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde L (Km) corresponde ao percurso do escoamento; Hmon (m) e Hjus (m) correspondem às cotas de montante e jusante; S0 é a declividade; Alfa é a taxa de impermeabilização da área; SCS é classificação da área por tipo de solo e CN III é o número de curva na situação de saturação e, portanto, maior escoamento superficial.

Neste estudo foram calculados os Tempos de Concentração Ven Te Chow, Picking, SCS-Lag, SCS, Kirpich, David, Schaake, Pickering e Germano. Posteriormente, calculou-se a média.

7.4 Parâmetros Hidrológicos da Bacia de Estudo

No estudo de enchentes, a determinação de parâmetros relacionados às precipitações possibilita prever como se dará o escoamento pluvial, bem como, o comportamento físico da bacia de estudo.

O primeiro parâmetro a analisar é a Equação de Chuvas. Justino (2004), Francischeti e Alamy (2012) propõem as equações 5 e 6, respectivamente:

$$i = \frac{28,97 \times Tr^{0,159}}{(t + 14)^{0,825}} \quad (\text{Equação 5})$$

$$i = \frac{35,576 \times Tr^{0,179}}{(t + 16)^{0,879}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde i é a intensidade da chuva (mm/min); Tr é tempo de retorno (anos) t é a duração da chuva (min). Chin (2000) *apud* Tomaz (2002) indicam que para obras de grandes infraestruturas deve-se adotar tempo de retorno (Tr) de 100 anos. Admite-se, ainda, que a duração da chuva (t) seja de 120 minutos (2 horas). A seguir é apresentada tabela com valores calculados.

Tabela 13 – Resultados de equações de intensidade-duração-frequência de chuvas.

EQUAÇÕES de CHUVA de UBERLÂNDIA			
t (h)	t (min)	Justino	Francischet
			Alamy
		Tr = 100 anos	
0,5	30	2,6552	2,8028
1	60	1,7291	1,8027
1,5	90	1,3059	1,3456
2	120	1,0595	1,0809
4	240	0,6251	0,6199
6	360	0,4543	0,4421
8	480	0,3611	0,3466
10	600	0,3018	0,2865
12	720	0,2605	0,2450
14	840	0,2299	0,2145
16	960	0,2062	0,1912
18	1080	0,1874	0,1726
20	1200	0,1720	0,1576
22	1320	0,1591	0,1451
24	1440	0,1482	0,1345

Elaborada pelo autor.

7.5 Vazões e Hidrogramas

De posse das Equações de Chuvas da cidade de Uberlândia procedeu-se a construção de planilhas para cálculo de vazões pelo Método de Santa Bárbara para cada área por quartis de Huff. Aquelas áreas que demandavam amortecimento tiveram estas vazões submetidas ao Método de Puls posteriormente.

Justino (2004) relata que a chuva de 24 horas entre 15 de fevereiro de 2002 as nove horas e 16 de fevereiro de 2002 as nove horas foi a maior tormenta verificada e se assemelha à distribuição temporal de Huff no 1º quartil de duração com 50% de probabilidade.

Para as simulações feitas neste trabalho foram obtidos os hidrogramas de todas áreas contribuintes em Tempos de Retorno de cem anos com duração de duas horas. O mesmo foi adotado por Justino (2004) para Bacia do Córrego Lagoinha, Calderari (2012) e Dias (2015) para Bacia do Córrego Jataí.

Tomaz (2002) afirma que cem anos como período de retorno e duas horas de duração são indicados para verificação de grandes obras hidráulicas.

Tabela 14 – Planilha de cálculo do Método Santa Bárbara para a área A31 que descarrega sua vazão em 14 pontos (bocas-de-lobo).

MÉTODO SANTA BÁRBARA															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Q(2)/PONTOS 14
ORDEM	TEMPO	TEMPO	HUFF IO (%)	PRECIPITAÇÃO TOTAL (P) mm	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (P acumulada) mm	CHUVA EXCEDENTE (Q acumulada) mm	CHUVA EXCEDENTE/ FAIXA (Q) mm	INFILTRAÇÃO (I) mm	ESCOAMENTO em ÁREA IMPERMEABILIZADA A (I) mm/h	ESCOAMENTO em ÁREA PERMEABILIZADA (Ie) mm/h	I m³/s	I(I) + I(2) m³/s	Q(1) m³/s	Q(2) m³/s	PONTOS 14
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
2	6	0,10	0,16	20,75	20,75	0,91	0,91	19,85	62,26	2,72	0,09	0,09	0,00000	0,04840	0,00346
3	12	0,20	0,17	22,05	42,80	9,68	8,78	13,28	66,15	26,33	0,55	0,63	0,04840	0,35207	0,02515
4	18	0,30	0,10	12,97	55,78	17,41	7,73	5,24	38,91	23,18	0,47	1,02	0,35207	0,52963	0,03783
5	24	0,40	0,09	11,67	67,45	25,35	7,94	3,74	35,02	23,82	0,48	0,95	0,52963	0,46839	0,03346
6	30	0,50	0,08	10,38	77,83	32,97	7,63	2,75	31,13	22,88	0,46	0,94	0,46839	0,47110	0,03365
7	36	0,60	0,06	7,78	85,61	38,97	5,99	1,79	23,35	17,98	0,36	0,82	0,47110	0,40284	0,02877
8	42	0,70	0,05	6,49	92,09	44,11	5,14	1,34	19,46	15,43	0,31	0,67	0,40284	0,32651	0,02332
9	48	0,80	0,04	5,19	97,28	48,31	4,20	0,99	15,57	12,60	0,25	0,56	0,32651	0,27521	0,01966
10	54	0,90	0,04	5,19	102,47	52,58	4,27	0,92	15,57	12,80	0,26	0,51	0,27521	0,25202	0,01800
11	60	1,00	0,03	3,89	106,36	55,82	3,24	0,65	11,67	9,72	0,19	0,45	0,25202	0,22225	0,01587
12	66	1,10	0,02	2,59	108,96	58,00	2,18	0,42	7,78	6,53	0,13	0,33	0,22225	0,15481	0,01106
13	72	1,20	0,02	2,59	111,55	60,19	2,19	0,40	7,78	6,57	0,13	0,26	0,15481	0,12814	0,00915
14	78	1,30	0,02	2,59	114,14	62,39	2,20	0,39	7,78	6,61	0,13	0,26	0,12814	0,13265	0,00948
15	84	1,40	0,02	2,59	116,74	64,61	2,22	0,38	7,78	6,65	0,13	0,27	0,13265	0,13286	0,00949
16	90	1,50	0,02	2,59	119,33	66,83	2,23	0,37	7,78	6,68	0,13	0,27	0,13286	0,13361	0,00954
17	96	1,60	0,02	2,59	121,93	69,07	2,24	0,36	7,78	6,71	0,13	0,27	0,13361	0,13426	0,00959
18	102	1,70	0,02	2,59	124,52	71,32	2,25	0,35	7,78	6,75	0,14	0,27	0,13426	0,13488	0,00963
19	108	1,80	0,01	1,30	125,82	72,45	1,13	0,17	3,89	3,38	0,07	0,20	0,13488	0,09687	0,00692
20	114	1,90	0,01	1,30	127,12	73,58	1,13	0,17	3,89	3,39	0,07	0,14	0,09687	0,06388	0,00456
21	120	2,00	0,02	2,59	129,71	75,85	2,27	0,33	7,78	6,81	0,14	0,20	0,06388	0,10733	0,00767
22	126	2,10	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,10733	0,06276	0,00448
23	132	2,20	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06276	-0,00860	-0,00061
24	138	2,30	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00860	0,00118	0,00008
25	144	2,40	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00118	-0,00016	-0,00001
26	150	2,50	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00016	0,00002	0,00000
27	156	2,60	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00002	0,00000	0,00000
28	162	2,70	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
29	168	2,80	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
30	174	2,90	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
31	180	3,00	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
32	186	3,10	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
33	192	3,20	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
34	198	3,30	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
35	204	3,40	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
36	210	3,50	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
37	216	3,60	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
38	222	3,70	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
39	228	3,80	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
40	234	3,90	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
41	240	4,00	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
42	246	4,10	0,00	0,00	129,71	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000
TOTALS			1,000	129,71		75,85		53,86			4,62	9,11			

Elaborado pelo autor.

As Áreas Contribuintes Pontuais tiveram suas vazões lançadas na galeria obedecendo as coordenadas de localização das tubulações pluviais. Nas Áreas de Contribuições Difusas, as vazões foram divididas pelo número de pontos de captação (bocas-de-lobo) e áreas atendidas por bacias de detenção foram submetidas ao amortecimento antes de acessar a galeria.

7.6 Amortecimentos de Vazões

Como descrito anteriormente, algumas áreas de contribuição da Bacia do Córrego Jataí descarregam em reservatórios intermediários e, posteriormente, no lago do Parque Sabiá (A01, A02 e A03). Outras áreas descarregam diretamente sobre o lago (A04, A05, A17, A18 e A20).

Schueler (1992) *apud* Mata-Lima (2006) ressalta que a construção de reservatórios de amortecimento permite reduzir o pico do escoamento, evitando “perturbações” a jusante como inundações, degradação de terrenos e danos a habitações, bem como, reduzir a carga de contaminantes, controlar processos erosivos, melhorar a paisagem e recarregar aquíferos. Neste trabalho, determinou-se o volume armazenado nestes reservatórios (cota x volume) e a retenção provocada pelo córrego canalizado.

Tomaz (2002) apresenta as Equações de Saint-Venant como aquelas que possibilitam maior exatidão nas determinações de propagação de cheias em rios. Em face das dificuldades de levantamento de dados sugere a utilização do Método de Muskingum-Cunge no estudo do escoamento em rios e canais. Para o estudo de reservatórios sugere o Método Modificado de Puls.

7.6.1 Amortecimento em Bacias de Detenção e Lago do Parque Sabiá

A partir de eventos de inundações ocorridos na Avenida Anselmo Alves do Santos e Avenida Rondon Pacheco nos últimos anos, bem como, ao longo do tempo de ocupação de áreas de bairros situados na parte alta da Bacia do Córrego Jataí, a Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) implantou vários reservatórios de detenção (amortecimento) e passou a utilizar o lago do Parque Sabiá, também, para este fim. Portanto, tais dispositivos devem ser analisados em sua função de controle de vazões de escoamento.

Hernandez (2006) apresenta o Método de Puls como forma de resolução do problema de propagação de enchentes em reservatórios. Cita vários autores como Tucci e Genz (1995); McCuen (1998); Tomaz (2002); Canholi (2005) e Porto (1989). Neste trabalho foram elaboradas planilhas de cálculos do método de Puls para cada Bacia de Amortecimento e posteriormente para o lago do Parque do Sabiá.

A Bacia de Detenção do Bairro Custódio Pereira lança sua contribuição no início da galeria, sob a rotatória localizada no encontro das avenidas Benjamin Magalhães e Anselmo Alves do Santos.

A Tabela 15 mostra os resultados do processo de amortecimento promovido pelas Bacias de Detenção.

Tabela 15 – Vazões afluentes e efluentes das Bacias de Detenção.

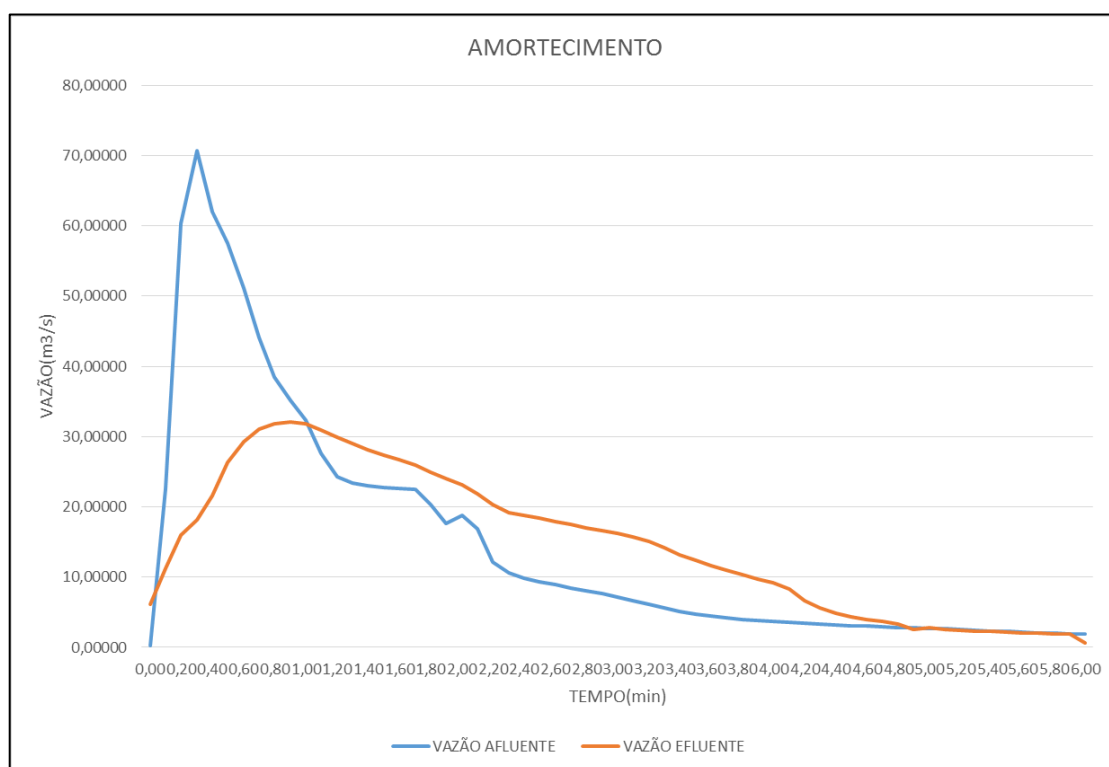
MÉTODO PULS nas BDs												
ORDEM	TEMPO	TEMPO	A01		A02-GV		A02-Prop		A03		A16	
			AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
1	0	0,00	0,00000	0,30968	0,00000	0,09035	0,00000	0,13080	0,00000	0,13584	0,00000	0,37429
2	6	0,10	2,19939	1,68588	1,43089	0,45096	5,35005	0,54266	3,01150	0,67197	1,12138	1,17224
3	12	0,20	8,54603	2,72299	4,46050	1,06373	14,80007	0,82903	9,14610	1,29753	2,01789	1,49137
4	18	0,30	13,11344	3,57426	6,14568	1,50791	18,61184	1,04760	12,06455	1,66199	1,34748	1,29222
5	24	0,40	13,51859	4,20435	6,15982	1,75213	17,78587	1,21486	11,49433	1,92934	0,97385	1,07098
6	30	0,50	13,19509	4,67653	5,91571	1,95305	16,56501	1,34448	10,66947	2,12452	0,94776	0,91699
7	36	0,60	12,02661	5,00690	5,37746	2,07975	14,73371	1,44517	9,41757	2,27199	0,73285	0,74297
8	42	0,70	10,36072	5,22578	4,66083	2,17212	12,55339	1,52212	7,93784	2,37690	0,57976	0,60102
9	48	0,80	8,76967	5,36029	3,96966	2,23517	10,55469	1,58188	6,61690	2,45570	0,48090	0,50678
10	54	0,90	7,57534	5,43877	3,42637	2,27498	9,03971	1,62970	5,65692	2,50922	0,43879	0,44112
11	60	1,00	6,58383	5,46209	2,97055	2,29261	7,79900	1,66596	4,88221	2,54468	0,37805	0,35589
12	66	1,10	5,32528	5,43251	2,43284	2,28905	6,33259	1,69305	3,92171	2,56321	0,24884	0,27369
13	72	1,20	4,29332	5,36813	1,97992	2,27071	5,11917	1,71275	3,14589	2,57038	0,21666	0,23914
14	78	1,30	3,75084	5,28782	1,71096	2,24429	4,43055	1,72876	2,74608	2,57174	0,22722	0,23003
15	84	1,40	3,46641	5,20114	1,55128	2,21369	4,03977	1,74272	2,54014	2,57015	0,22376	0,22622
16	90	1,50	3,31798	5,10833	1,45650	2,18124	3,81805	1,75549	2,43415	2,56710	0,22490	0,22521
17	96	1,60	3,24119	5,01721	1,40029	2,14828	3,69226	1,76745	2,37968	2,56332	0,22453	0,22480
18	102	1,70	3,20210	4,91898	1,36698	2,11283	3,62092	1,77739	2,35176	2,55659	0,22465	0,19979
19	108	1,80	2,80907	4,79567	1,21345	2,07102	3,19913	1,78412	2,05627	2,54316	0,15004	0,14986
20	114	1,90	2,22886	4,66555	0,98849	2,02629	2,57842	1,78902	1,62275	2,52646	0,09994	0,14691
21	120	2,00	2,29720	4,52671	0,98869	1,98065	2,60750	1,79287	1,68055	2,50826	0,19095	0,14145
22	126	2,10	1,95950	4,35996	0,85500	1,92697	2,24265	1,79266	1,42910	2,48156	0,08652	0,06643
23	132	2,20	1,03346	4,14815	0,50793	1,84600	1,27285	1,78784	0,73687	2,44342	-0,02838	0,01572
24	138	2,30	0,54506	3,91654	0,30175	1,75944	0,72243	1,78045	0,37995	2,39824	0,00931	0,00731
25	144	2,40	0,28747	3,67593	0,17926	1,67229	0,41003	1,77161	0,19591	2,35109	-0,00305	0,00175
26	150	2,50	0,15161	3,41894	0,10649	1,58670	0,23272	1,76183	0,10101	2,30342	0,00100	0,00081
27	156	2,60	0,07996	3,16069	0,06327	1,50387	0,13208	1,75131	0,05209	2,25597	-0,00033	0,00019
28	162	2,70	0,04217	2,90362	0,03758	1,42441	0,07497	1,74057	0,02686	2,20912	0,00011	0,00009
29	168	2,80	0,02224	2,63217	0,02233	1,33320	0,04255	1,72974	0,01385	2,15710	-0,00004	0,00002
30	174	2,90	0,01173	2,37646	0,01326	1,16616	0,02415	1,71888	0,00714	2,10535	0,00001	0,00001
31	180	3,00	0,00619	2,09173	0,00788	1,01968	0,01371	1,70804	0,00368	2,05477	0,00000	0,00000
32	186	3,10	0,00326	1,82817	0,00468	0,89138	0,00778	1,69724	0,00190	2,00538	0,00000	0,00000
33	192	3,20	0,00172	1,53866	0,00278	0,77908	0,00442	1,68600	0,00098	1,95716	0,00000	0,00000
34	198	3,30	0,00091	1,10556	0,00165	0,68086	0,00251	1,67477	0,00050	1,91009	0,00000	0,00000
35	204	3,40	0,00048	0,79432	0,00098	0,59497	0,00142	1,66360	0,00026	1,85543	0,00000	0,00000
36	210	3,50	0,00025	0,57069	0,00058	0,51989	0,00081	1,65251	0,00013	1,80194	0,00000	0,00000
37	216	3,60	0,00013	0,41001	0,00035	0,45427	0,00046	1,64149	0,00007	1,74999	0,00000	0,00000
38	222	3,70	0,00007	0,29456	0,00021	0,39692	0,00026	1,63054	0,00004	1,69954	0,00000	0,00000
39	228	3,80	0,00004	0,21162	0,00012	0,34681	0,00015	1,61943	0,00002	1,65054	0,00000	0,00000
40	234	3,90	0,00002	0,15203	0,00007	0,30301	0,00008	1,60802	0,00001	1,60296	0,00000	0,00000
41	240	4,00	0,00001	0,10922	0,00004	0,26475	0,00005	1,59670	0,00000	1,55637	0,00000	0,00000
42	246	4,10	0,00001	0,07846	0,00003	0,23132	0,00003	1,58546	0,00000	1,49740	0,00000	0,00000
43	252	4,20	0,00000	0,05637	0,00000	0,20210	0,00000	1,57430	0,00000	1,44067	0,00000	0,00000
44	258	4,30	0,00000	0,04049	0,00000	0,17658	0,00000	1,56321	0,00000	1,38608	0,00000	0,00000
45	264	4,40	0,00000	0,02909	0,00000	0,15428	0,00000	1,55220	0,00000	1,33356	0,00000	0,00000
46	270	4,50	0,00000	0,02090	0,00000	0,13480	0,00000	1,54085	0,00000	1,28304	0,00000	0,00000
47	276	4,60	0,00000	0,01501	0,00000	0,11777	0,00000	1,52935	0,00000	1,23442	0,00000	0,00000
48	282	4,70	0,00000	0,01079	0,00000	0,10290	0,00000	1,51793	0,00000	1,18765	0,00000	0,00000
49	288	4,80	0,00000	0,00775	0,00000	0,08991	0,00000	1,50659	0,00000	1,14265	0,00000	0,00000
50	294	4,90	0,00000	0,00557	0,00000	0,07855	0,00000	1,49535	0,00000	1,09624	0,00000	0,00000
51	300	5,00	0,00000	0,00400	0,00000	0,06863	0,00000	1,48418	0,00000	0,99735	0,00000	0,00000
52	306	5,10	0,00000	0,00287	0,00000	0,05996	0,00000	1,47310	0,00000	0,90737	0,00000	0,00000
53	312	5,20	0,00000	0,00207	0,00000	0,05239	0,00000	1,46166	0,00000	0,82552	0,00000	0,00000
54	318	5,30	0,00000	0,00148	0,00000	0,04578	0,00000	1,45002	0,00000	0,75105	0,00000	0,00000
55	324	5,40	0,00000	0,00107	0,00000	0,03999	0,00000	1,43847	0,00000	0,68329	0,00000	0,00000
56	330	5,50	0,00000	0,00077	0,00000	0,03494	0,00000	1,42702	0,00000	0,62165	0,00000	0,00000
57	336	5,60	0,00000	0,00055	0,00000	0,03053	0,00000	1,41566	0,00000	0,56557	0,00000	0,00000
58	342	5,70	0,00000	0,00040	0,00000	0,02668	0,00000	1,40439	0,00000	0,51455	0,00000	0,00000
59	348	5,80	0,00000	0,00029	0,00000	0,02331	0,00000	1,39321	0,00000	0,46813	0,00000	0,00000
60	354	5,90	0,00000	0,00021	0,00000	0,02036	0,00000	1,38192	0,00000	0,42590	0,00000	0,00000
61	360	6,00	0,00000	0,00015	0,00000	0,01779	0,00000	1,37010	0,00000	0,38748	0,00000	0,00000

Elaborado pelo autor.

A amortização provocada pelo lago do Parque do Sabiá envolve as vazões provenientes de bacias de detenção citadas na Tabela 15 acima e descargas das áreas A04, A05, A17, A18 e A20 e representa o maior efeito amortizador da bacia.

A Figura 52 mostra gráfico demonstrativo de vazões afluentes e efluentes ao lago. Nos picos de vazão, observa-se redução de 54,51%. O tempo necessário para atingi-la aumenta 60%.

Figura 52 – Gráfico das vazões afluentes e efluentes ao lago do Parque do Sabiá.



Elaborado pelo autor.

Reunindo-se os hidrogramas contribuintes à galeria tem-se a Tabela 16.

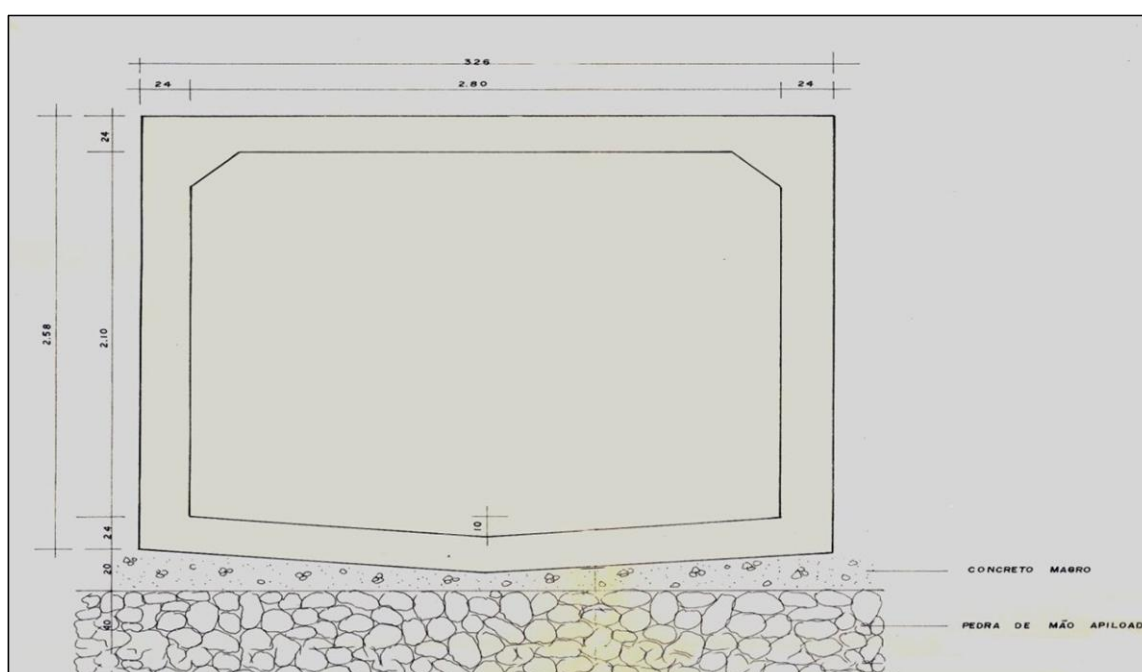
ORDEM	TEMPO		LAGO	CONTRIBUIÇÕES na GALERIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	min	h		re:clago	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000	pot:0,0000

Assim, tem-se todos os parâmetros, equações, tempos e hidrogramas que alimentarão o programa simulador.

7.7 A galeria construída e a Fórmula de Manning

A principal dificuldade encontrada na elaboração deste trabalho foi relacionada à obtenção de características construtivas da galeria sob a Avenida Anselmo Alves dos Santos (Figura 29). Os únicos dados obtidos junto à Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) estão apresentados na Figura 53.

Figura 53 – Corte do projeto da galeria sob Avenida Anselmo Alves dos Santos.



Fonte: Calderari (2012).

Para estabelecer possíveis critérios de comparação foram mantidos alguns parâmetros desta galeria neste estudo como a largura (2,80 metros) e altura (2,10 metros). Foi considerado, também, que a laje superior da galeria esteja um metro abaixo do canteiro central da Avenida Anselmo Alves dos Santos. A declividade foi considerada como constante e dada por desnível entre pontos inicial e final em relação a seu comprimento 1136,60 metros.

Para a determinação das velocidades de escoamento e vazões correspondentes foram atribuídas alturas da lâmina de água e utilizada a Fórmula de Manning desenvolvida na Tabela 17 até cinquenta centímetros.

Tabela 17 – Características de escoamento na galeria em concreto até cinquenta centímetros de lâmina de água.

FÓRMULA de MANNING					
CARACTERÍSTICAS do ESCOAMENTO					
h _{lam} (m)	P(m)	A(m ²)	R _h (m)	V(m/s)	Q(m ³ /s)
0,01	2,8200	0,0280	0,0099	0,31048	0,00869
0,02	2,8400	0,0560	0,0197	0,49054	0,02747
0,03	2,8600	0,0840	0,0294	0,63979	0,05374
0,04	2,8800	0,1120	0,0389	0,77146	0,08640
0,05	2,9000	0,1400	0,0483	0,89108	0,12475
0,06	2,9200	0,1680	0,0575	1,00164	0,16828
0,07	2,9400	0,1960	0,0667	1,10501	0,21658
0,08	2,9600	0,2240	0,0757	1,20245	0,26935
0,09	2,9800	0,2520	0,0846	1,29485	0,32630
0,10	3,0000	0,2800	0,0933	1,38289	0,38721
0,11	3,0200	0,3080	0,1020	1,46709	0,45186
0,12	3,0400	0,3360	0,1105	1,54789	0,52009
0,13	3,0600	0,3640	0,1190	1,62561	0,59172
0,14	3,0800	0,3920	0,1273	1,70054	0,66661
0,15	3,1000	0,4200	0,1355	1,77291	0,74462
0,16	3,1200	0,4480	0,1436	1,84294	0,82564
0,17	3,1400	0,4760	0,1516	1,91079	0,90954
0,18	3,1600	0,5040	0,1595	1,97663	0,99622
0,19	3,1800	0,5320	0,1673	2,04057	1,08558
0,20	3,2000	0,5600	0,1750	2,10275	1,17754
0,21	3,2200	0,5880	0,1826	2,16326	1,27200
0,22	3,2400	0,6160	0,1901	2,22221	1,36888
0,23	3,2600	0,6440	0,1975	2,27968	1,46811
0,24	3,2800	0,6720	0,2049	2,33575	1,56962
0,25	3,3000	0,7000	0,2121	2,39048	1,67333
0,26	3,3200	0,7280	0,2193	2,44394	1,77919
0,27	3,3400	0,7560	0,2263	2,49620	1,88713
0,28	3,3600	0,7840	0,2333	2,54730	1,99708
0,29	3,3800	0,8120	0,2402	2,59730	2,10901
0,30	3,4000	0,8400	0,2471	2,64624	2,22284
0,31	3,4200	0,8680	0,2538	2,69417	2,33854
0,32	3,4400	0,8960	0,2605	2,74112	2,45605
0,33	3,4600	0,9240	0,2671	2,78714	2,57532
0,34	3,4800	0,9520	0,2736	2,83226	2,69632
0,35	3,5000	0,9800	0,2800	2,87652	2,81899
0,36	3,5200	1,0080	0,2864	2,91994	2,94330
0,37	3,5400	1,0360	0,2927	2,96255	3,06921
0,38	3,5600	1,0640	0,2989	3,00439	3,19667
0,39	3,5800	1,0920	0,3050	3,04548	3,32566
0,40	3,6000	1,1200	0,3111	3,08583	3,45613
0,41	3,6200	1,1480	0,3171	3,12549	3,58806
0,42	3,6400	1,1760	0,3231	3,16446	3,72140
0,43	3,6600	1,2040	0,3290	3,20277	3,85613
0,44	3,6800	1,2320	0,3348	3,24044	3,99222
0,45	3,7000	1,2600	0,3405	3,27749	4,12964
0,46	3,7200	1,2880	0,3462	3,31393	4,26835
0,47	3,7400	1,3160	0,3519	3,34979	4,40833
0,48	3,7600	1,3440	0,3574	3,38509	4,54955
0,49	3,7800	1,3720	0,3630	3,41982	4,69200
0,50	3,8000	1,4000	0,3684	3,45402	4,83563

Elaborada pelo autor.

Os parâmetros utilizados e calculados foram:

- **h_{lam} (m)** é a altura da lâmina de água em metros.

- **P (m)** é o perímetro molhado.
- **A (m²)** é a área molhada.
- **Rh** é o raio hidráulico.
- **V (m/s)** corresponde à velocidade de escoamento e
- **Q (m³/s)** é vazão.

A região destacada corresponde, aproximadamente, a velocidades e vazões de escoamento próximas à mínima de 0,50 m³/s.

Para que ocorra transbordamento é necessário que a linha de água ultrapasse 2,10 metros (altura) da galeria, ou seja, o escoamento deve ter velocidade superior a 5,983 m/s e a vazão de 35,182 m³/s.

CAPÍTULO 8

SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Os objetivos deste trabalho são: 1) investigar os fatores influentes no escoamento pluvial em área urbanizada; 2) estudar a substituição do concreto como material construtivo por outros que promovam o retardamento do fluxo e maior infiltração ou manutenção de terreno natural com preservação de vegetação e meandros; 3) estudar a influência da adoção de novos perfis de escoamento pela introdução de meandros; 4) propor parâmetros de análise futura para implantação de projetos sob nova perspectiva de escoamento pluvial visando priorizar ao máximo a preservação das características do curso natural.

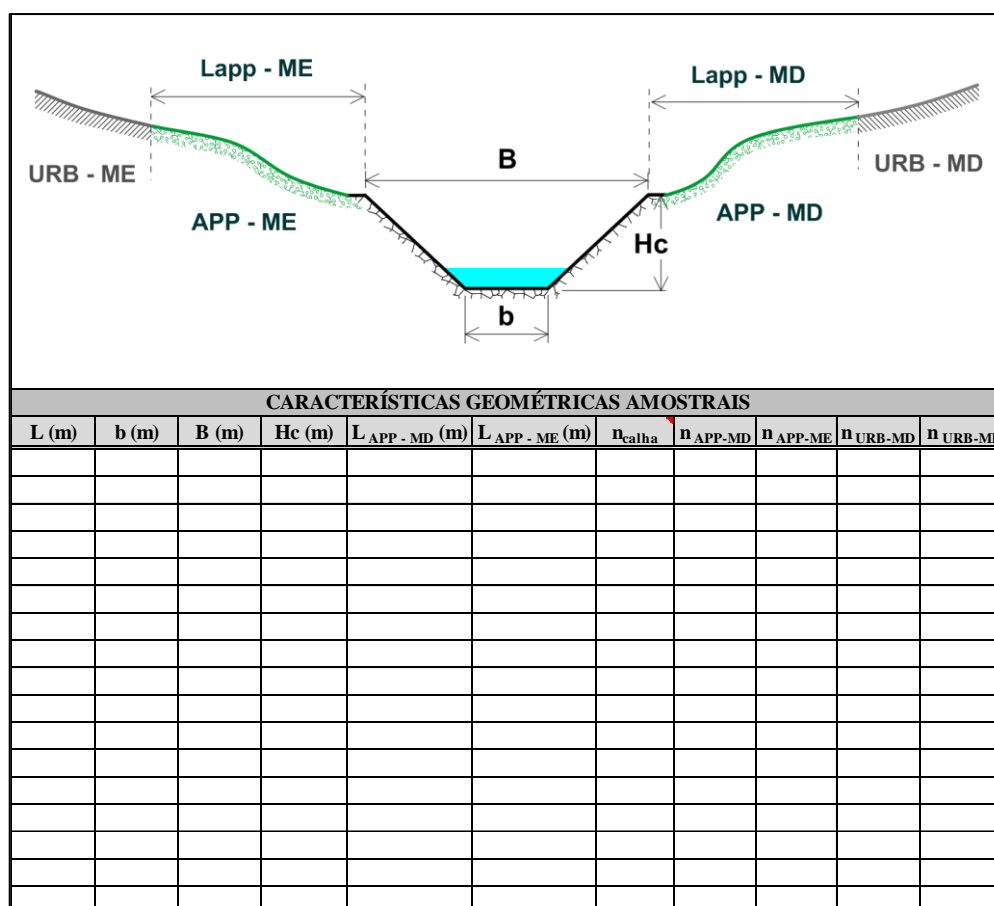
8.1 O Programa de Simulações

Para atingir aos objetivos foram executadas simulações computacionais de perfis construtivos do canal de escoamento e promoveram-se comparações entre parâmetros como vazão no exutório, máxima tensão cisalhante nas paredes da galeria, máxima profundidade, máxima velocidade de escoamento e vazão máxima de escoamento.

As simulações foram realizadas no programa FLOODZ 7 desenvolvido em Visual Basic Application (VBA) a partir das Equações de Saint-Venant com solução pelo esquema numérico de Roe dos Volumes Finitos. O programa é alimentado com dados de planilhas Excell construídas a partir de informações obtidos em mapas e levantamentos feitos diretamente na área de estudo.

Uma das interfaces do programa é a planilha apresentada na Figura 54 onde se observam vários parâmetros do perfil de escoamento como as características geométricas e construtivas da calha, bem como, características do canteiro e das vias marginais.

Figura 54 – Perfil do canal de escoamento.



Fonte: Programa Floodz 7.

Os parâmetros alimentadores são:

- **L (m)** indicando a distância da seção analisada ao início da galeria existente após a saída do Parque do Sabiá sob a Avenida Anselmo Alves dos Santos.
- **b (m)** é a largura da base do canal de escoamento
- **B (m)** é a abertura superior do canal de escoamento
- **Hc (m)** é a altura do canal de escoamento
- **Lapp-ME (m)** corresponde à distância entre a borda esquerda do canal e o limite (meio-fio) da via de circulação
- **Lapp-MD (m)** corresponde à distância entre a borda direita do canal e o limite (meio-fio) da via de circulação
- **n_{calha}** é o Coeficiente de Rugosidade de Manning do canal de escoamento
- **n_{app-ME}** é o Coeficiente de Rugosidade de Manning de área adjacente à margem esquerda do canal até o meio-fio (em grama)

- **napp-MD** é o Coeficiente de Rugosidade de Manning de área adjacente à margem direita do canal até o meio-fio (em grama)
- **nurb-ME** é o Coeficiente de Rugosidade de Manning de via pavimentada adjacente à margem esquerda do canal (em asfalto betuminoso)
- **nurb-MD** é o Coeficiente de Rugosidade de Manning de via pavimentada adjacente à margem direita do canal (em asfalto betuminoso)

A Figura 55 mostra o canteiro central da Avenida Anselmo Alves dos Santos.

Figura 55 – Canteiro central da Avenida Anselmo Alves dos Santos sob o qual está construída a galeria do Córrego Jataí.



Foto do autor.

Outros parâmetros são fornecidos ao código como hidrogramas das áreas de contribuição e coordenadas de seus pontos de chegada à galeria. De posse destes dados o programa gera planilhas e gráficos que representam o perfil de escoamento.

Serão apresentadas as características geométricas de cada perfil simulado de acordo com os parâmetros alimentadores da Figura 54. Alterações da seção analisada, seu percurso e rugosidade do leito e adjacências levam a novas situações de fluxo.

8.2 Perfis de Simulações

Foram simuladas e comparadas as seguintes situações:

- Perfil simulado para situação com canal retangular e retificado em concreto com boas condições de uso e conservação sendo ladeado por canteiros em grama podada regularmente. Será o padrão de referência e chamada Simulação S1. A Tabela 18 mostra suas características.

Tabela 18 – Características Geométricas do perfil simulado S1.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,800	2,801	3,600	8,425	13,381	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,800	2,801	3,600	22,652	20,909	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,800	2,801	3,600	9,533	5,054	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,800	2,801	3,600	12,636	9,469	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1136,330	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal retificado em concreto com regulares condições de uso e conservação. Será chamada de Simulação S2 e suas características e medidas são mostradas na Figura 19. Observa-se alteração do Coeficiente de Rugosidade de Manning em relação ao perfil simulado S1 devido às condições de manutenção do material construtivo, ou seja, concreto.

Tabela 19 – Características Geométricas do perfil simulado S2.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,800	2,801	3,600	8,425	13,381	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,800	2,801	3,600	22,652	20,909	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,800	2,801	3,600	9,533	5,054	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,800	2,801	3,600	12,636	9,469	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014
1136,330	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,016	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal retificado em concreto com péssimas condições de uso e conservação. Será chamada de Simulação S3. Sendo apresentada na Tabela 20 com alterações no Coeficiente de Manning em relação a S1 e S2..

Tabela 20 – Características Geométricas do perfil simulado S3.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,800	2,801	3,600	8,425	13,381	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,800	2,801	3,600	22,652	20,909	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,800	2,801	3,600	9,533	5,054	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,800	2,801	3,600	12,636	9,469	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014
1136,330	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,018	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal apresentando média sinuosidade (meandros) em concreto com boas condições de uso e conservação. Será chamada de Simulação S4 e apresentada na Tabela 21 onde se percebe maior percurso em relação às simulações anteriores (1212,074 metros).

Tabela 21 – Características Geométricas do perfil simulado S4.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,800	2,801	3,600	8,425	13,381	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,800	2,801	3,600	22,652	20,909	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,800	2,801	3,600	9,533	5,054	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,800	2,801	3,600	12,636	9,469	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1212,074	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal apresentando alta sinuosidade (meandros) em concreto com boas condições de uso e conservação. Será chamada de Simulação S5. Na Tabela 22 é mostrado o percurso de 1743,301 metros.

Tabela 22 – Características Geométricas do perfil simulado S5.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,800	2,801	3,600	8,425	13,381	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,800	2,801	3,600	22,652	20,909	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,800	2,801	3,600	9,533	5,054	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,800	2,801	3,600	12,636	9,469	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1743,301	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal retificado em concreto com alargamento (em concreto) da galeria sob a rotatória da Avenida Anselmo Alves dos Santos com Avenida Suíça (Bairro Tibery) e Rua Maria das Dores Dias (Bairro Santa Mônica). O topo da galeria chegaria a 22 metros entre as distâncias de 456,42 metros e 494,29 metros contados a partir do início da galeria. A partir deste ponto até 508 metros a galeria sofreria um estrangulamento proporcional que reduziria a seção às dimensões de dois por dois metros voltando às dimensões iniciais até o exutório. Esta é a Simulação S6, apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 – Características Geométricas do perfil simulado S6.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
452,000	2,800	2,801	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
453,677	2,800	6,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
454,806	2,800	14,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
456,424	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
458,218	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
459,984	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
461,866	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
464,102	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
466,691	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
468,848	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
471,409	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
473,752	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
475,988	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
477,861	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
480,264	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
483,039	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
486,157	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
488,932	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
491,688	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
494,296	2,800	22,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
495,709	2,800	14,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
497,150	2,800	6,000	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
498,000	2,000	2,001	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
503,000	2,000	2,001	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
508,052	2,000	2,001	3,600	12,636	9,469	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1136,330	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

- Perfil simulado para situação com canal retificado em concreto com alargamento (em concreto) da galeria sob a rotatória da Avenida Anselmo Alves dos Santos com Avenida Suíça e Rua Maria das Dores Dias. A proposta é que seja construído alargamento do topo da galeria até 44 metros (diâmetro aproximado da rotatória) em formato circular entre as distâncias de 456,42 metros e 494,29 metros contados a partir do início da galeria. A partir deste ponto até 508 metros

a galeria sofreria um estrangulamento que reduziria a seção às dimensões de 1,5 por 1,5 metros. Chamada Simulação S7 e apresentada na Tabela 24.

Tabela 24 – Características Geométricas do perfil simulado S7.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,800	2,801	3,600	15,170	15,140	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,800	2,801	3,600	11,029	8,561	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,800	2,801	3,600	13,912	10,023	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,800	2,801	3,600	11,895	11,495	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
452,000	2,800	2,801	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
453,677	4,062	6,062	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
454,806	12,005	14,005	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
456,424	19,386	21,386	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
458,218	24,777	26,777	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
459,984	28,888	30,888	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
461,866	32,483	34,483	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
464,102	35,664	37,664	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
466,691	38,177	40,177	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
468,848	39,873	41,873	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
471,409	41,141	43,141	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
473,752	41,607	43,607	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
475,988	41,874	43,874	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
477,861	41,277	43,277	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
480,264	40,593	42,593	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
483,039	39,099	41,099	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
486,157	36,650	38,650	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
488,932	32,787	34,787	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
491,688	27,564	29,564	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
494,296	20,329	22,329	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
495,709	14,954	16,954	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
497,150	1,956	3,956	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
498,000	1,500	1,501	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
503,000	1,500	1,501	3,600	0,100	0,100	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014
508,052	1,500	1,501	3,600	12,636	9,469	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,800	2,801	3,600	11,936	10,455	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,800	2,801	3,600	7,945	4,956	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,800	2,801	3,600	10,513	7,009	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,800	2,801	3,600	9,533	8,440	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,800	2,801	3,600	10,513	12,479	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,800	2,801	3,600	9,623	12,548	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,800	2,801	3,600	13,345	9,533	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,800	2,801	3,600	10,420	7,096	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,800	2,801	3,600	3,574	3,000	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,800	2,801	3,600	7,368	4,981	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,800	2,801	3,600	13,084	9,572	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,800	2,801	3,600	12,923	10,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,800	2,801	3,600	12,857	10,217	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,800	2,801	3,600	6,269	4,676	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,800	2,801	3,600	9,533	7,148	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014
1136,330	2,800	2,801	3,600	9,572	7,318	0,012	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborada pelo autor.

- Perfil simulado para situação mais próxima ao canal “natural” com leito pedregoso e talude vegetado em condições regulares. Referida como Simulação S8. Observam-se na Tabela 25 as alterações no Coeficiente de Manning para calha e área gramada.

Tabela 25 – Características Geométricas do perfil simulado S8.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS AMOSTRAIS										
L (m)	b (m)	B (m)	Hc (m)	L _{APP - MD} (m)	L _{APP - ME} (m)	n _{calha}	n _{APP-MD}	n _{APP-ME}	n _{URB-MD}	n _{URB-ME}
0,000	2,000	8,000	3,000	12,570	12,540	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
75,163	2,000	8,000	3,000	8,430	5,962	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
408,486	2,000	8,000	3,000	13,912	10,023	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
442,201	2,000	8,000	3,000	11,895	11,495	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
454,941	2,000	8,000	3,000	8,425	13,381	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
479,592	2,000	8,000	3,000	22,652	20,909	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
495,907	2,000	8,000	3,000	9,533	5,054	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
508,052	2,000	8,000	3,000	12,636	9,469	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
759,867	2,000	8,000	3,000	11,936	10,455	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
771,892	2,000	8,000	3,000	7,945	4,956	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
777,330	2,000	8,000	3,000	10,513	7,009	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
801,419	2,000	8,000	3,000	9,533	8,440	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
815,882	2,000	8,000	3,000	10,513	12,479	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
834,653	2,000	8,000	3,000	9,623	12,548	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
867,425	2,000	8,000	3,000	13,345	9,533	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
901,039	2,000	8,000	3,000	10,420	7,096	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
911,301	2,000	8,000	3,000	3,574	3,000	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
925,926	2,000	8,000	3,000	7,368	4,981	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
931,840	2,000	8,000	3,000	13,084	9,572	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
966,537	2,000	8,000	3,000	12,923	10,676	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
1063,221	2,000	8,000	3,000	12,857	10,217	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
1071,586	2,000	8,000	3,000	6,269	4,676	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
1077,591	2,000	8,000	3,000	9,533	7,148	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014
1250,302	2,000	8,000	3,000	9,572	7,318	0,035	0,020	0,020	0,014	0,014

Elaborado pelo autor.

No intuito de melhorar o entendimento, fazem-se necessários alguns esclarecimentos:

- As Simulações S1, S2 e S3 visam testar as condições de manutenção da galeria, uma vez que, não existe prática de visitas e avaliações regulares por parte da Secretaria de Obras da PMU (SMO/PMU).
- As Simulações S4 e S5 serão comparadas com S1 com objetivo de avaliar a influência da sinuosidade (meandros) e redução da declividade com o mesmo material construtivo nas mesmas condições de uso e conservação.
- As Simulações S6 e S7 serão comparadas a S1 no estudo de viabilidade da implantação de dispositivos e situações construtivas que provoquem retardamento do escoamento e dissipação de energia.
- As Simulações S1 e S8 serão usadas na comparação entre a manutenção da situação “natural” do terreno e a construção de galeria em concreto. Ambos retificados.

A rotatória citada nas simulações tem diâmetro médio de 45 metros. Sendo que ocupa uma área de 2800 metros quadrados considerando as vias de circulação a sua volta. A Figura 56 mostra a rotatória onde se propõe a construção de dispositivos de retardo.

Figura 56 – Rotatória da Av. Anselmo Alves dos Santos com Av. Suíça e Rua Maria das Dores Dias.



Foto do autor.

A figura anterior mostra as características desta região: 1) alto fluxo de veículos devido ao fato de ser acesso rápido e interligado entre os bairros Santa Mônica e Tibery; 2) grandes áreas por ocupar com valorização imobiliária crescente e 3) espaço para implantação de dispositivo de regulação de fluxo na galeria, mesmo não considerando os custos da intervenção.

8.3 Influência das Condições de Manutenção da Galeria

Durante o desenvolvimento deste estudo fez-se várias visitas às Secretarias de Obras (SMO) e Planejamento Urbano (SEPLAN) da Prefeitura Municipal de Uberlândia e somente uma vez foi feito o comentário sobre visitas ao interior da galeria. Indagado sobre a periodicidade e alcance de visitas de manutenção um engenheiro afirmou que aconteciam quando ocorria “alguma inundação” na avenida.

Na própria avenida sob a qual foi construída a galeria não existe qualquer acesso a pequenos veículos como tratores. A visita, quando feita, se resume a acessar o interior da galeria por algum “alçapão” que mais se parece com uma grade de boca-de-lobo.

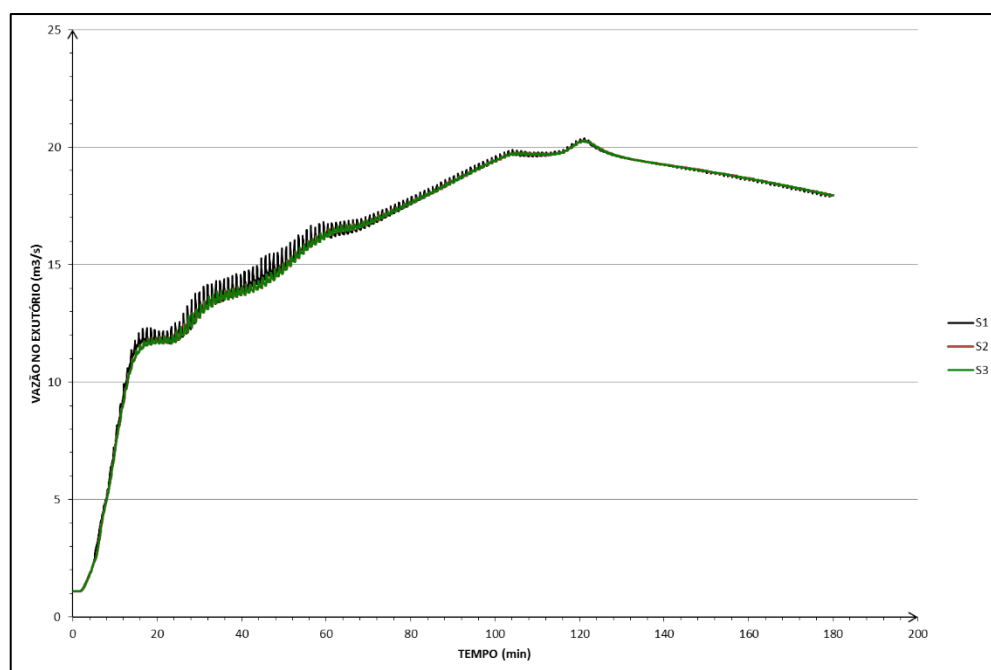
Através da comparação entre os perfis S1, S2 e S3 procurou-se aferir a influência da conservação do material (concreto) sobre a vazão no exutório, tensão cisalhante, velocidade de escoamento, altura máxima da lâmina de água e vazão máxima.

8.3.1 As Vazões no Exutório

Numa primeira aproximação percebe-se pequena variação de comportamento entre os perfis. De fato, as vazões máximas são 20,370 m³/s (S1), 20,285 m³/s (S2 e S3). Tomando o perfil S1 como referência, têm-se atenuações de 0,42%.

Quanto aos tempos de obtenção destas vazões máximas têm-se 121,125 minutos (S1); 121,4 minutos (S2 e S3). Retardo de 0,23%. Ou seja, a vazão no exutório é pouco afetada pela conservação do material construtivo da galeria. A Figura 57 apresenta os gráficos das simulações.

Figura 57 – As vazões no exutório para perfis S1, S2 e S3.

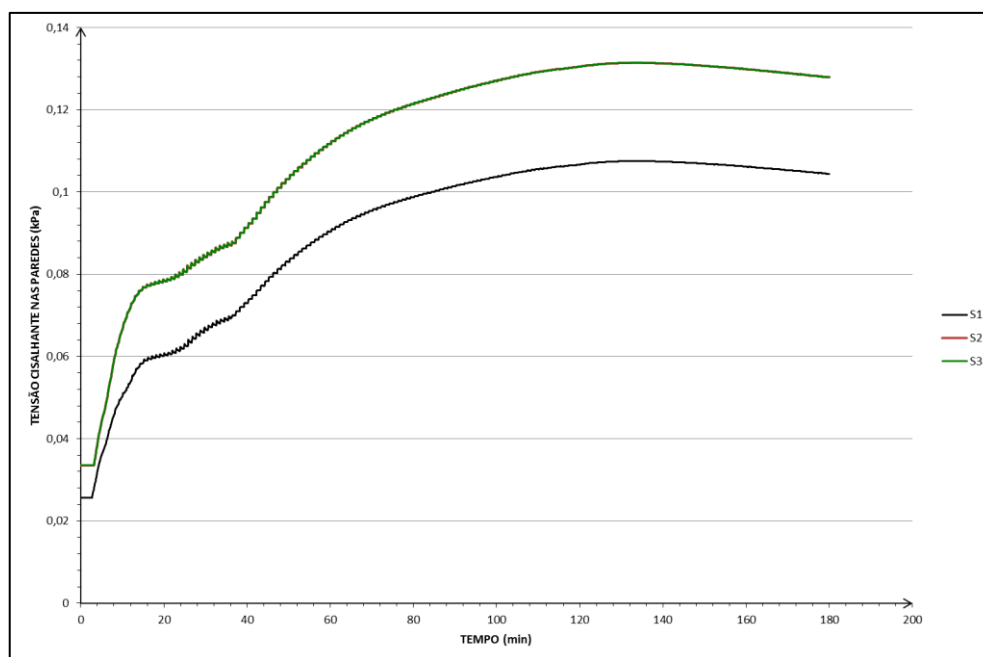


Elaborado pelo autor.

8.3.2 As Tensões Cisalhantes

Têm-se os resultados simulados apresentados na Figura 58.

Figura 58 – As tensões cisalhantes para perfis S1, S2 e S3.



Elaborado pelo autor.

As tensões cisalhantes apresentaram valores de 0,108 KPa para S1 e 0,131 KPa para S2 e S3. Aumento de 22,21%, tomando-se S1 como referência. O desgaste do material leva a maiores tensões sobre as próprias superfícies.

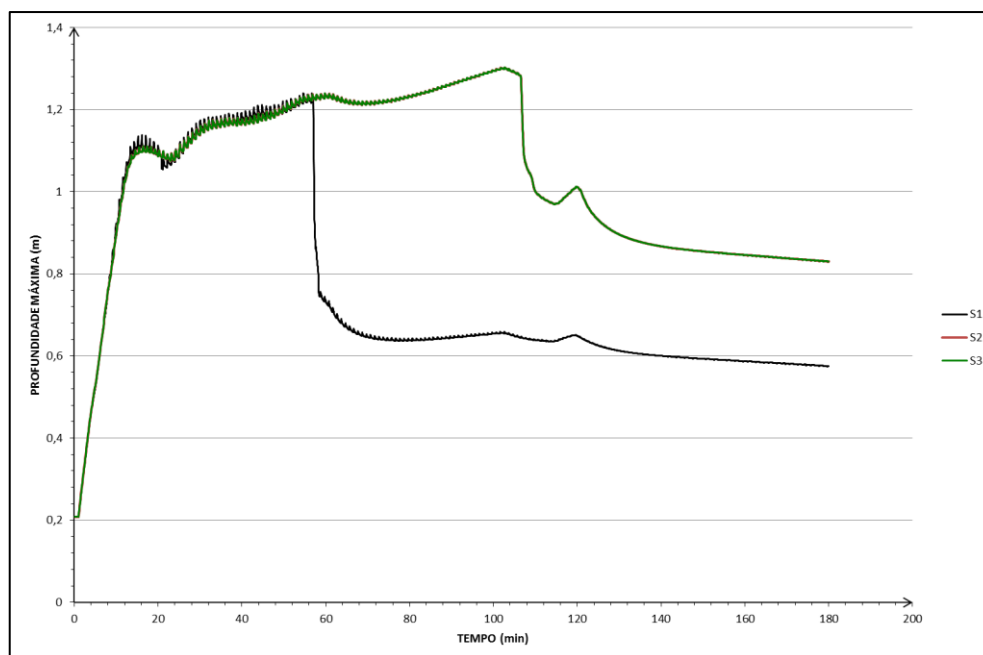
8.3.3 As Alturas Máximas da Lâmina de Água

S1 tem altura máxima de 1,24 metros e tempo para atingi-la de 54,70 minutos. As simulações S2 e S3 apresentam alturas de 1,302 metros e levam 102,70 minutos para chegar a esta cota.

Altura maior em 5,02% e tempo com aumento de 87,73%.

Nenhuma das simulações mostrou extravasamento.

Figura 59 – As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S2 e S3.

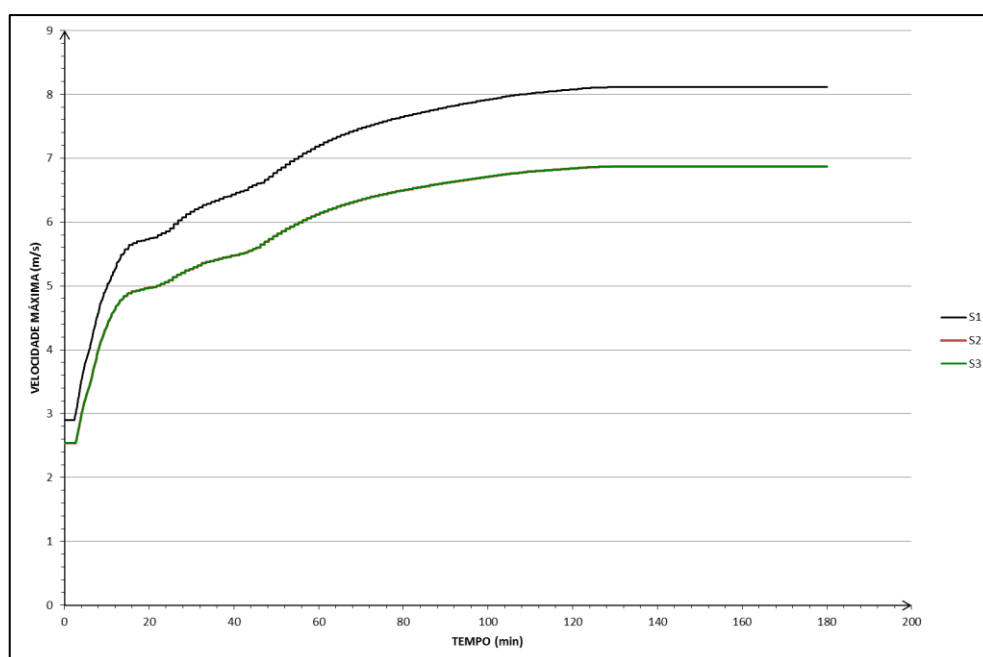


Elaborado pelo autor.

8.3.4 As Velocidades Máximas

Outro parâmetro avaliado foi a velocidade máxima nos três perfis de desgaste do material.

Figura 60 – As velocidades máximas para os perfis S1, S2 e S3.



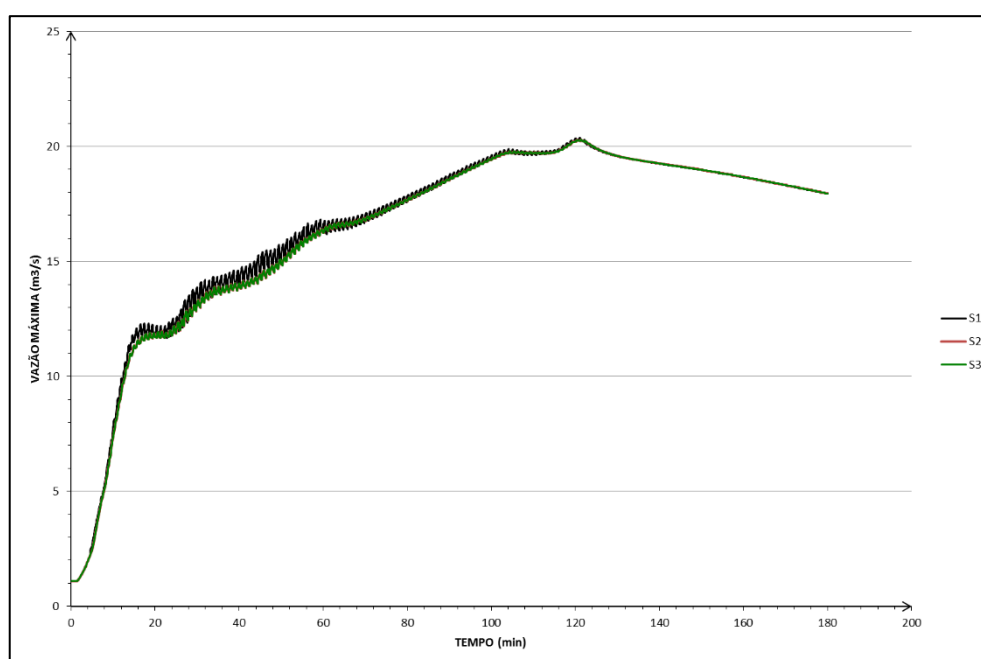
Elaborado pelo autor.

A velocidade máxima atingida na simulação S1 foi 8,12 metros por segundo. Para S2 e S3, 6,87 m/s. Atenuação de 15,34%. Resultado esperado, visto que aumentou o atrito sobre o concreto da canalização.

8.3.5 As Vazões Máximas

A máxima vazão apresentada na simulação S1(referência) foi de 20,37 metros cúbicos por segundo (m^3/s). As simulações S2 e S3 apresentaram 20,29 m^3/s . Atenuação de 0,44% e retardo no pico de tempo de 0,23%. A Figura 61 mostra os resultados das simulações.

Figura 61 – As vazões máximas para os perfis S1, S2 e S3.



Elaborado pelo autor.

8.4 Influência da Sinuosidade e Redução da Declividade

O processo construtivo de galerias e canais urbanos retificam os cursos de córregos e rios. Os meandros deixam de existir e o uso de materiais como concreto aumentam a velocidade de escoamento. Tudo de acordo com a estética e lógica higienista.

Neste item serão elaboradas comparações entre linearidade da galeria e sinuosidade de meandros implantados com o mesmo material construtivo nas mesmas condições de uso e

conservação. Os perfis analisados são S1 correspondente à galeria retificada; S4 representa a situação de média sinuosidade e S5 aquela referente à alta sinuosidade.

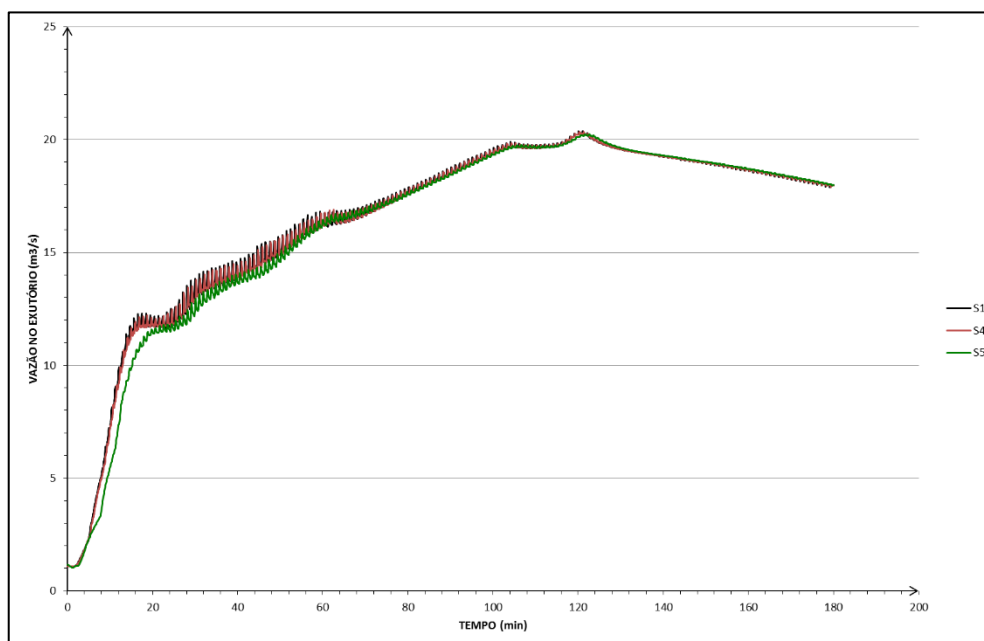
Da comparação entre os perfis S1, S4 e S5 procurou-se aferir a influência da implantação de meandros sobre a vazão no exutório, máxima tensão cisalhante, máxima velocidade, altura máxima da lâmina de água e vazão máxima. As figuras a seguir mostram os gráficos para comparações seguidas das medidas e variações analisadas.

8.4.1 As Vazões no Exutório

Pouca diferença observada. Na simulação S1 a vazão máxima no exutório é de $20,370 \text{ m}^3/\text{s}$; para S4 é de $20,346 \text{ m}^3/\text{s}$ e $20,235 \text{ m}^3/\text{s}$ para simulação S5. Sempre tomando S1 como padrão, chega-se a atenuação de 0,12% e 0,67%, respectivamente.

A Figura 62 mostra os resultados.

Figura 62 – As vazões no exutório para perfis S1, S4 e S5.



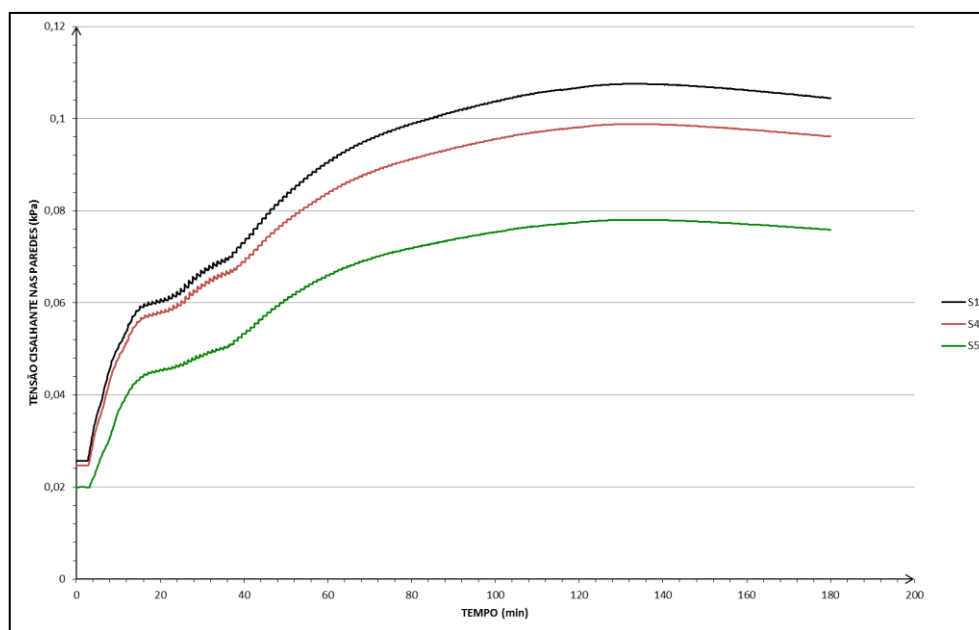
Elaborado pelo autor.

Pode-se observar diferença no tempo para atingir a vazão máxima. A simulação S1 atinge a vazão máxima no exutório em 121,125 min; S4 em 121,3 min e S5 em 121,6 min. Retardo de 0,14% e 0,40%, respectivamente.

8.4.2 As Tensões Cisalhantes

A Figura 63 apresenta os resultados da simulação.

Figura 63 – As tensões cisalhantes para perfis S1, S4 e S5.



Elaborado pelo autor.

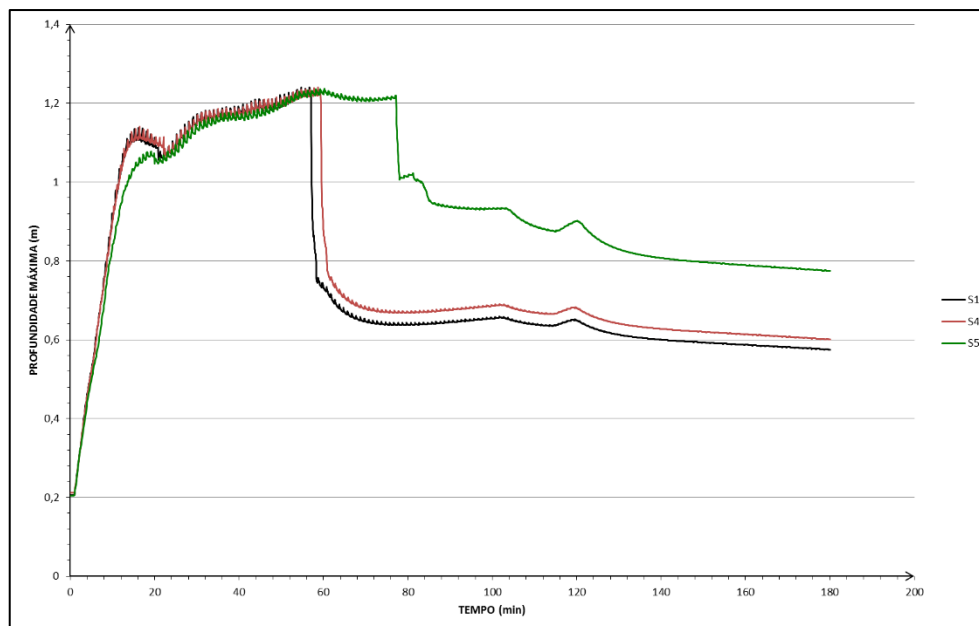
A tensão cisalhante da simulação S1 apresenta valor máximo de 0,108 KPa; a simulação S4 tem 0,099 KPa como referência e S5 apresenta o valor de 0,078 KPa. Reduções de 8,18% e 27,44%, respectivamente.

Tais resultados devem estar relacionados ao fato de que a sinuosidade mais acentuada diminui a velocidade de escoamento.

8.4.3 As Alturas Máximas da Lâmina de Água

A simulação S1 apresenta altura máxima de 1,24 metros e S4, 1,239 metros. A simulação S5 chegou a 1,238 metros. Atenuação de 0,035% e 0,20%, respectivamente. Pequenas variações que podem ser atribuídas à pequena extensão do trecho analisado. A Figura 64 retrata estes números.

Figura 64 – As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S4 e S5.

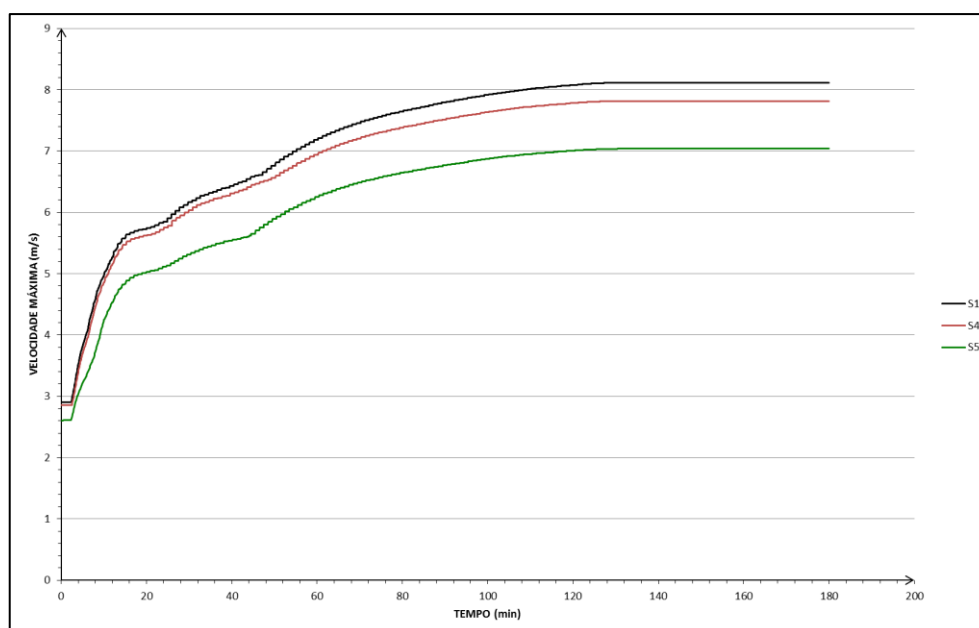


Elaborado pelo autor.

8.4.4 As Velocidades Máximas

Resultados das simulações são apresentados na Figura 65.

Figura 65 – As velocidades máximas para os perfis S1, S4 e S5.



Elaborado pelo autor.

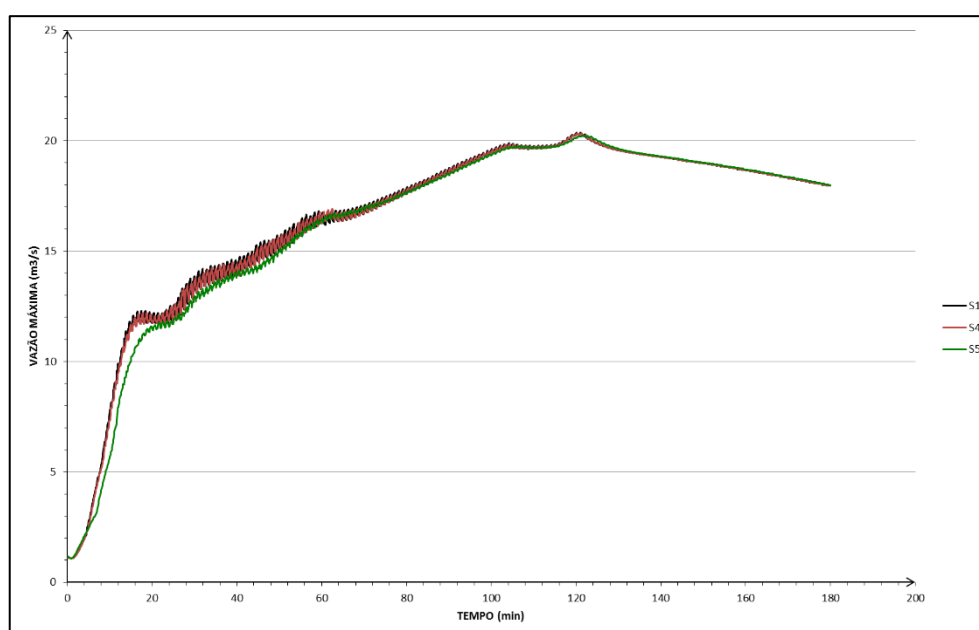
S4 atingiu 7,82 m/s e S5 chegou a 7,04 m/s. Atenuações de 3,69% e 13,28%. Ou seja, quanto maior a sinuosidade, menor a velocidade de escoamento.

8.4.5 As Vazões Máximas

A simulação S4 apresentou vazão máxima de 20,35 m³/s, ou seja, atenuação de 0,14% em relação a S1. A simulação S5 chegou a 20,24 m³/s com atenuação de 0,68%.

Os picos de tempo retardaram 0,14% e 0,4%, respectivamente.

Figura 66 – As vazões máximas para os perfis S1, S4 e S5.



Elaborado pelo autor.

8.5 Estudo de Proposta de Implantação de Dispositivos e Situações Construtivas que Provoquem Retardamento de Fluxo e Dissipação de Energia Sob a Rotatória da Avenida Anselmo Alves dos Santos com Avenida Suíça e Rua Maria das Dores Dias

Os bairros Tibery e Santa Mônica foram fortemente beneficiados pela construção da Av. Anselmo Alves dos Santos e esta rotatória permite o ordenamento do trânsito nesta região de passagem entre estes bairros.

Os perfis de simulação S6 e S7 propõe a construção de espaços e dispositivos sob a rotatória e seu entorno que levariam a represamento e dissipação da energia do fluxo.

Da comparação entre os perfis S1, S6 e S7 procurou-se aferir a eficácia de tal proposta sobre a vazão no exutório, máxima tensão cisalhante, máxima velocidade, altura máxima da lâmina de água e vazão máxima. As Figuras 67, 68, 69, 70 e 71 mostram os gráficos para comparações.

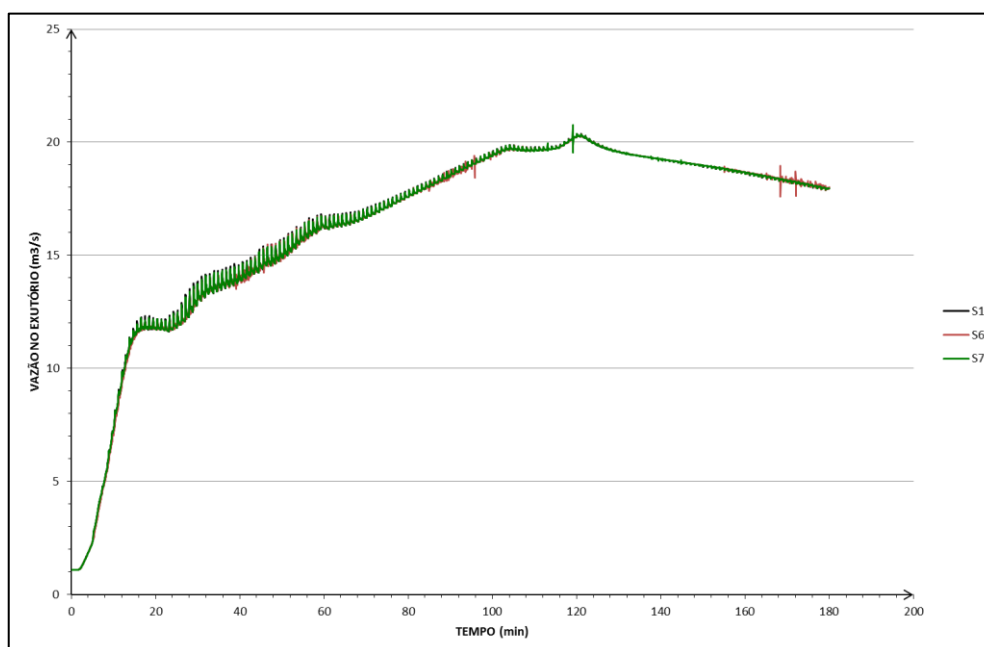
8.5.1 As Vazões no Exutório

As vazões no exutório simuladas são 20,370 m³/s para S1 (padrão); 20,340 m³/s (S6) e 20,75 m³/s.. Atenuação de 0,15% entre S1 e S6 e aumento de 1,87% entre a referência e S7.

Entre S1 e S6 aparece retardo de 0,03% e aceleração de 1,64% entre S1 e S7.

Tais dispositivos pouco alteraram a vazão no exutório.

Figura 67 – As vazões no exutório para perfis S1, S6 e S7.

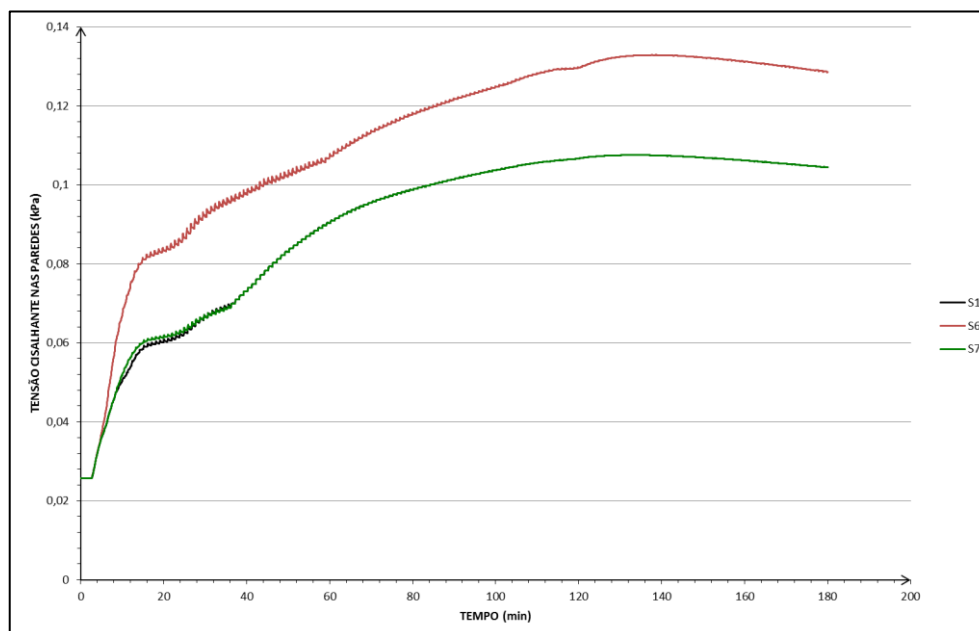


Elaborado pelo autor.

8.5.2 As Tensões Cisalhantes

A Figura 68 mostra os valores simulados

Figura 68 – As tensões cisalhantes para perfis S1, S6 e S7.



Elaborado pelo autor.

A simulação S1 tem tensão cisalhante máxima de 0,108 KPa. S6 apresenta valor máximo de 0,133 KPa e S7, 0,108 KPa. A simulação S6 provoca aumento de 23,56% e S7 nada afetaria.

Devido às características do dispositivo da simulação S6 observou-se aí a maior elevação da tensão cisalhante.

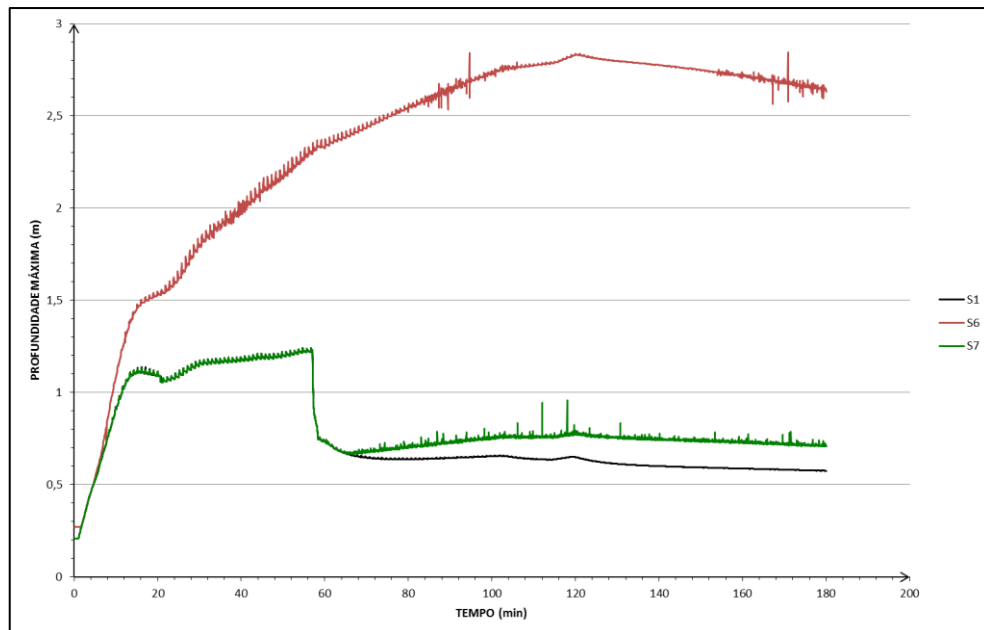
8.5.3 As Alturas Máximas da Lâmina de Água

As simulações S1 e S7 apresentam altura máxima de 1,240 metros. E a simulação S6 apresenta valores 129,3% maiores, ou seja, 2,844 metros.

A simulação S6 demandou 212,41% mais tempo para atingir a altura máxima. É a simulação que mais elevou a lâmina de água.

O gráfico da Figura 69 mostra os resultados. Os valores obtidos pela simulação S6 são bem maiores que aqueles apresentados por S1 e S7.

Figura 69 – As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1, S6 e S7.

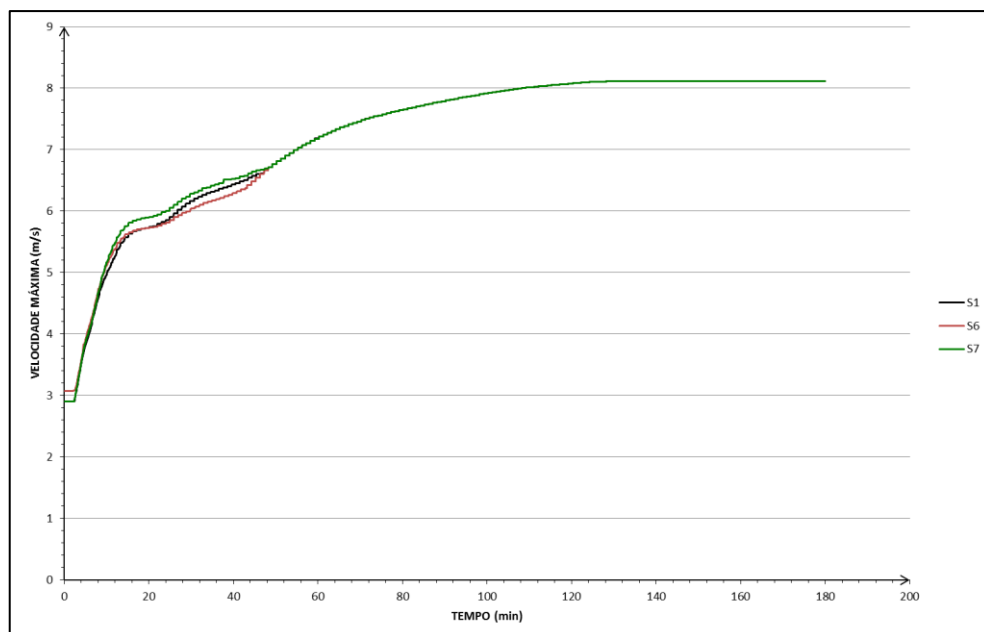


Elaborado pelo autor.

8.5.4 As Velocidades Máximas

As curvas da Figura 70 mostram variações de velocidade muito pequenas.

Figura 70 – As velocidades máximas para os perfis S1, S6 e S7.



Elaborado pelo autor.

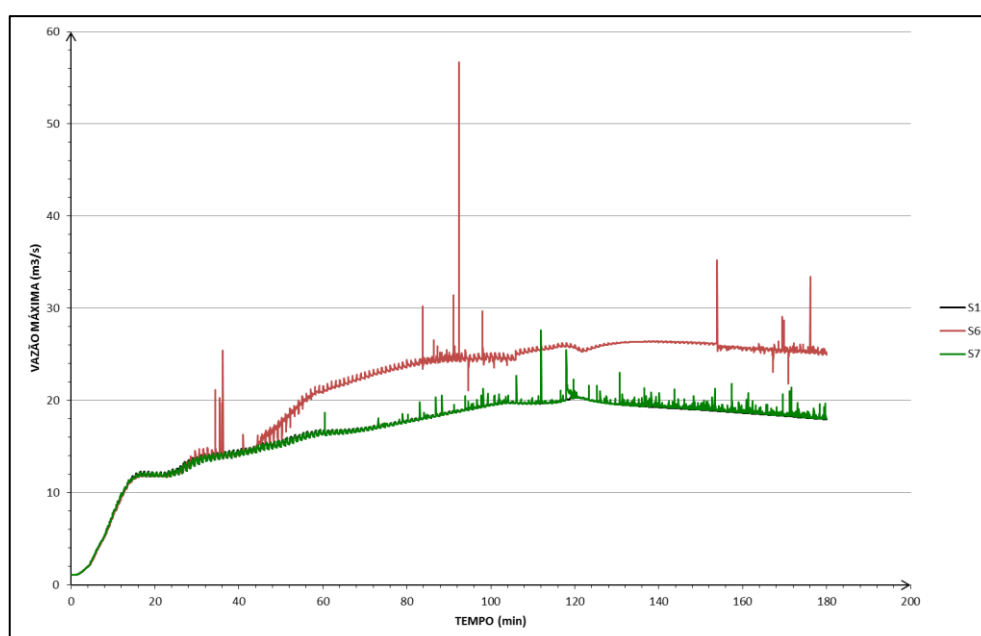
As simulações S6 e S7 chegaram a velocidades máximas de 8,12 m/s, ou seja, elevações desprezíveis.

8.5.5 As Vazões Máximas

A simulação S6 apresentou vazão máxima de 56,7 m³/s e S7 foi de 27,61 m³/s. Aumentos de vazão da ordem de 178,29% e 35,49%, respectivamente.

Os tempos para atingir os picos foram diminuídos em 23,69% e 7,52%.

Figura 71 – As vazões máximas para os perfis S1, S6 e S7.



Elaborado pelo autor.

8.6 Influência da Retificação e Alteração da Seção Natural

É muito difícil estabelecer as características do curso de água existente antes da construção da galeria, haja vista, ser área ocupada residencialmente desde a década de 1970. Baseado em contatos na Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) pôde-se estabelecer alguns parâmetros da calha do Córrego Jataí:

- Apresentava profundidade média de cinquenta centímetros.
- A largura chegava no máximo a 2,5 metros.

- Suas margens eram ocupadas por vegetação de médio porte correspondendo a capim e arbustos de baixa estatura.

Como qualquer curso possuía meandros que ajudavam a amortecer a velocidade de escoamento.

A comparação entre os perfis S1 e S8 pode fornecer parâmetros que levem à adoção futura de novos enfoques de tratamento da reinserção e renaturalização de rios e córregos urbanos.

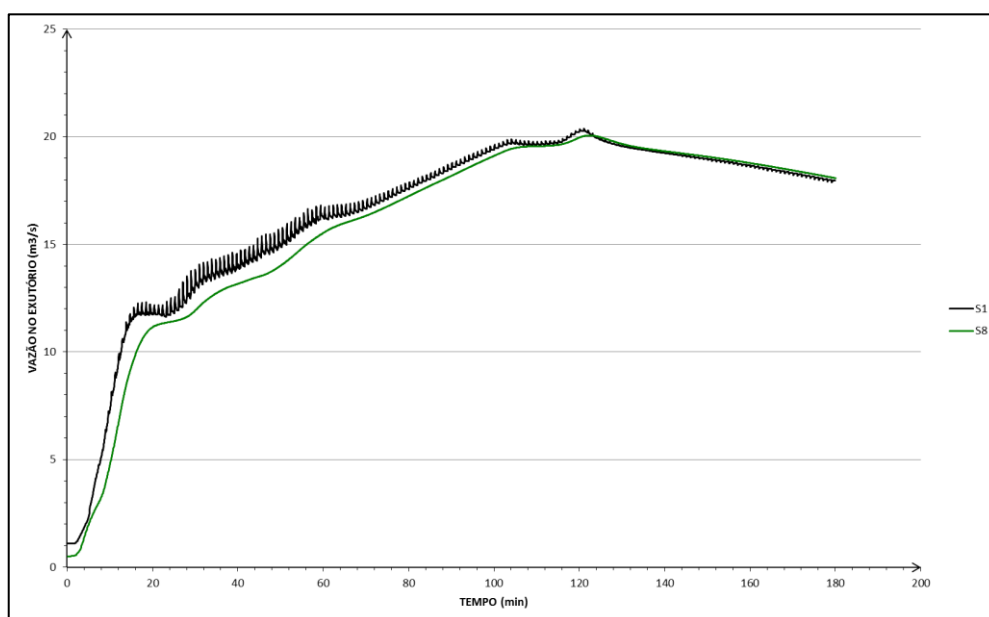
8.6.1 As Vazões no Exutório

As vazões máximas no exutório são de 20,370 m³/s e 20,055 m³/s para S1 e S8, respectivamente. Atenuação de 1,55%.

A variação percentual do tempo para atingi-las foi de 1,26% maior para S8.

Sendo a simulação S8 aquela que representa a seção “naturalizada” era de esperar que apresentasse tais resultados.

Figura 72 – As vazões no exutório para perfis S1 e S8.

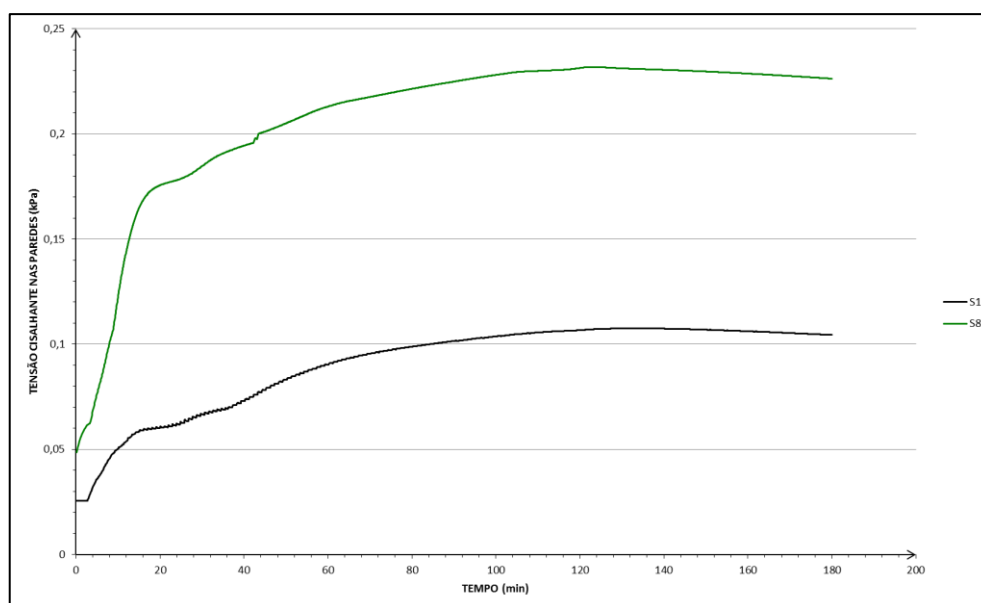


Elaborado pelo autor.

8.6.2 As Tensões Cisalhantes

As curvas apresentadas na Figura 73, a seguir, não deixam dúvidas sobre os efeitos da naturalização sobre o escoamento.

Figura 73 – As tensões cisalhantes para perfis S1 e S8.



Elaborado pelo autor.

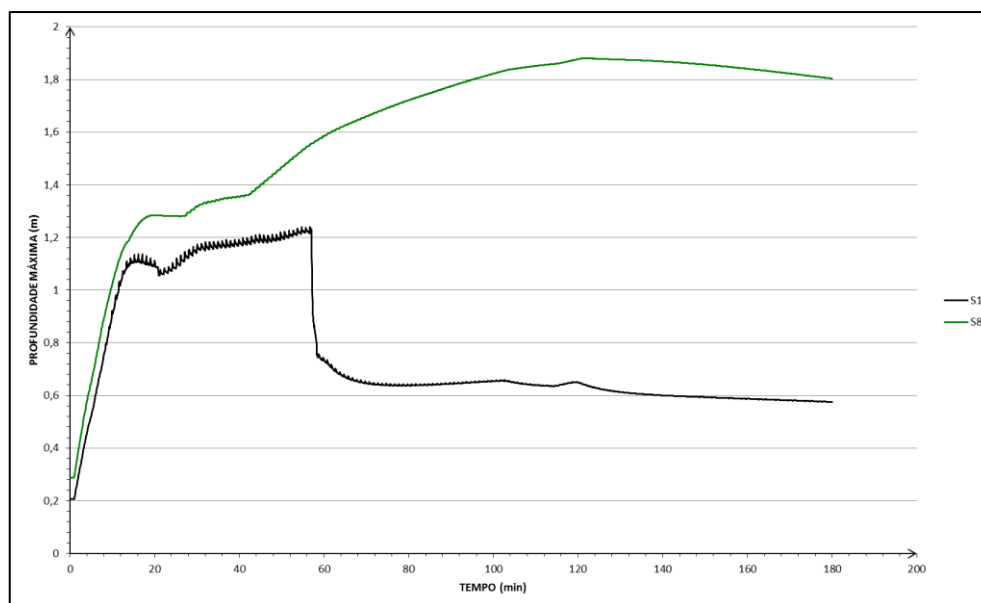
A máxima tensão cisalhante da simulação S8 foi de 0,232 KPa. Da simulação S1 foi de 0,108 KPa. Aumento de 115,64%.

8.6.3 As Alturas Máximas da Lâmina de Água

A simulação S8 corresponde à situação onde as condições de irregularidade do leito e vegetação das margens provocam resistência ao escoamento.

A Figura 74 mostra claramente as diferenças entre estes perfis simulados.

Figura 74 – As alturas máximas da lâmina de água para os perfis S1 e S8.



Elaborado pelo autor.

A simulação S8 apresentou altura máxima de 1,88 metros atingida em 121,74 minutos. A simulação S1 chegou 1,24 metros em 54,7 minutos.

O perfil S8 tem altura 51,59% maior e demanda 122,58% mais tempo.

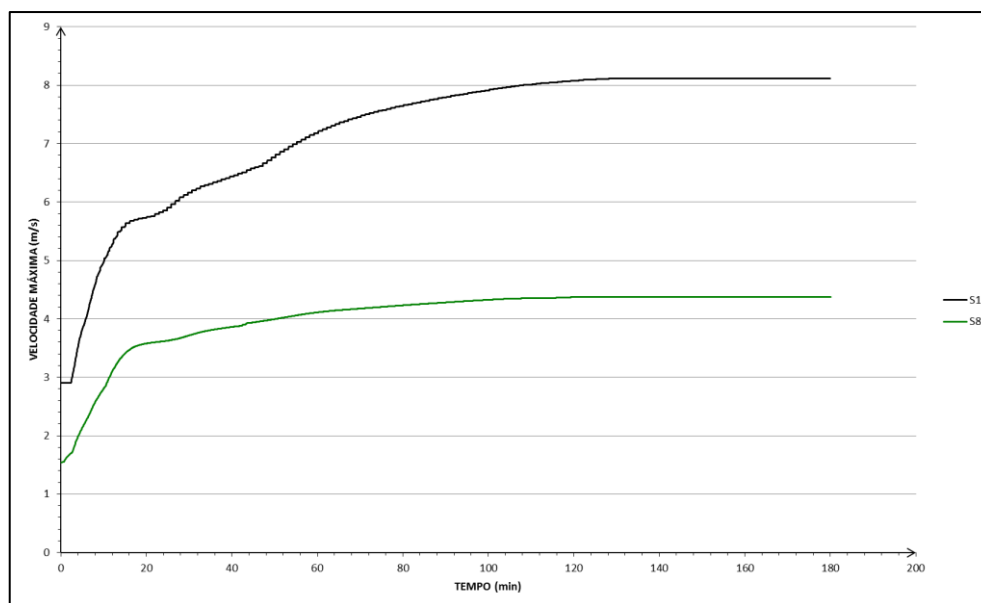
8.6.4 As Velocidades Máximas

Sendo o perfil da simulação S1 acelerador de escoamento era de se esperar que apresentasse maior velocidade.

Esta observação confirma que a galeria retificada e construída em concreto acelera o escoamento e causa erosão quando chega aos cursos de rios que recebem a descarga.

A Figura 75 não deixa dúvidas quanto as diferenças entre as simulações.

Figura 75 – As velocidades máximas para os perfis S1 e S8.



Elaborado pelo autor.

A simulação S8 apresentou atenuação de 46,04% na velocidade média de escoamento.

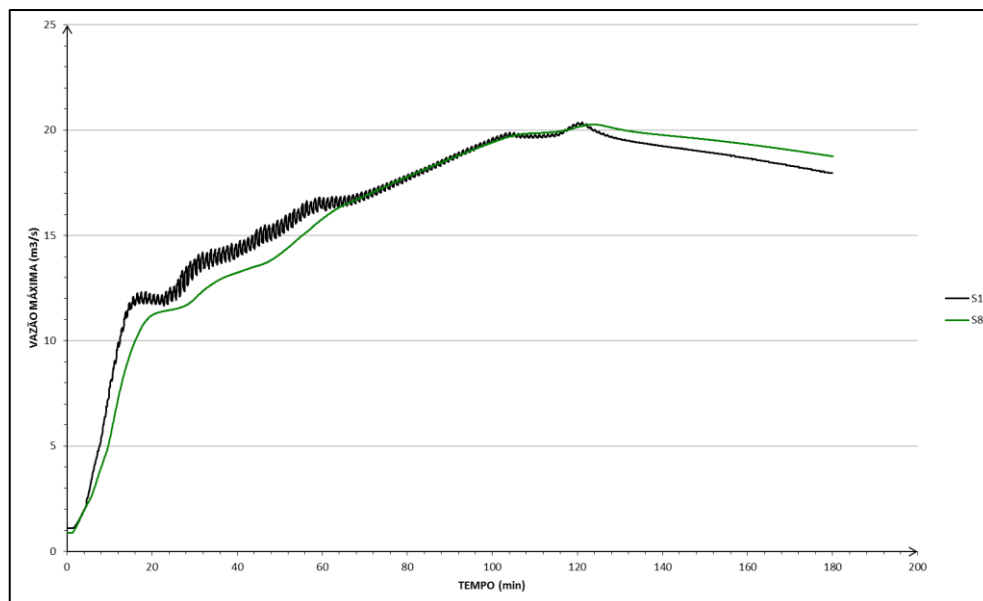
8.6.5 As Vazões Máximas

A simulação S8 apresentou vazão máxima de 20,27 m³/s com atenuação de 0,50% e retardo de 2,14% em relação ao padrão de referência S1.

Pode-se inferir que em trechos de maiores extensões os efeitos do perfil da simulação S8 sejam mais expressivos.

A seguir a Figura 76 mostra os resultados.

Figura 76 – As vazões máximas para os perfis S1 e S8.



Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES FINAIS

Cidades de rápido crescimento como Uberlândia (MG) enfrentam grandes problemas e desafios no oferecimento de boa qualidade de vida a seus moradores. Bairros estruturados com escolas, aparatos de segurança, vias de circulação, transporte, limpeza e preservação ambiental são exigências ao poder público.

Ao longo do tempo estas cidades foram expandindo seus limites com ocupações de novos espaços e alterando o meio com desmatamento, retificação e canalização de córregos. Tudo sob o manto da exploração imobiliária.

No entanto, este crescimento acelerado provocou alterações ambientais que trazem, hoje, graves prejuízos a estes espaços urbanos. As enchentes são casos exemplares e comuns.

Tomando como espaço de pesquisa a Bacia do Córrego Jataí em Uberlândia (MG), este estudo procurou levantar dados norteadores e embasadores do desenvolvimento de novas formas de abordagem do problema de enchentes urbanas.

Foram avaliados aspectos dos dispositivos de regulação e resolução do problema (canais, tubulações e galerias) em seus materiais e perfis construtivos, bem como, propostos novos enfoques construtivos.

Quanto à vazão no exutório pode-se concluir:

- É pouco maior quando as condições de conservação são consideradas boas, ou seja, à medida que a superfície do material se degrada diminui a vazão. Pode-se concluir que para grandes percursos esta diminuição seja maior.

- A sinuosidade pouco afetou as vazões. Talvez por que o trecho analisado seja muito pequeno.
- Percebe-se pouca variação na vazão do exutório devido à introdução de dispositivos de retenção e dissipadores de energia. É provável que a forma de enfoque dado tenha sido errada, ou seja, talvez se devesse tratar estes dispositivos como bacias de retenção típicas.
- A retificação e alteração da seção pouco alteraram a vazão. Talvez a explicação esteja no fato da largura adotada na galeria seja próxima àquela descrita por funcionários da PMU com existente no local antes da canalização.
- Se descartada a simulação S7, a maior vazão de exutório ocorrerá para a situação de galeria retificada em concreto (S1).

Quanto ao tempo necessário para chegar à vazão máxima no exutório:

- Com a piora nas condições de funcionamento do material da galeria, a vazão máxima é atingida com retardo de 0,23%.
- Percursos com maior sinuosidade sofrem retardo para atingir a vazão máxima no exutório.
- Pouca variação no tempo de vazão máxima no exutório quando da adoção de dispositivos de retenção e dissipadores. Novamente, pode-se atribuir esta conclusão à forma como o código trata estas construções.
- A simulação S7 apresentou aceleração do fluxo. Isto reforça a conclusão de erro dado ao enfoque do dispositivo proposto
- A simulação S8 em comparação com a S1 mostrou que a seção “naturalizada”, ou seja, sem alterações em seu perfil apresentou maior tempo para atingir a vazão máxima, ou seja, um efeito retardador.
- De forma interessante, a simulação S8 é aquela que apresenta menor vazão de exutório e exige maior tempo para atingi-la.

Quanto às tensões cisalhantes:

- Talvez o fato das simulações S2 e S3 representarem comportamento de superfícies de concreto mais desgastadas leve ao aumento da tensão cisalhante em relação à galeria em bom estado de conservação (S1).
- Quanto maior a sinuosidade, menor a tensão cisalhante. Com a diminuição da velocidade este efeito fica evidente.
- O alargamento da seção até 22 metros em concreto (S6) causou aumento de 23,56% na tensão cisalhante em relação às demais simulações.
- Como esperado, a simulação S8 apresentou a maior tensão cisalhante. Sendo a menor para S5, ou seja, o perfil mais sinuoso.

Quanto à altura máxima atingida pela lâmina de água:

- As paredes mais desgastadas da galeria levam ao aumento da altura e demandam mais tempo para atingi-las.
- A sinuosidade pouco afetou a altura máxima do fluxo. Possivelmente, pelo fato do material simulado ser o concreto nos três casos. Conclui-se que a sinuosidade deve ser analisada associada a outros fatores construtivos como mudança de material ou renaturalização do curso da água.
- Somente o alargamento da seção até 22 metros (trapezoidal) apresentou maior altura quando comparada com S1 e S7.
- Os perfis S6 e S8 apresentam as maiores alturas de fluxo. Sendo que o perfil S6 leva mais tempo para atingi-la.

Análise da velocidade máxima de fluxo:

- Com a piora nas condições do concreto da galeria ocorreu atenuação de 15,34%. Resultado previsível.
- Quanto maior a sinuosidade, menor a velocidade de escoamento.
- Talvez a forma de tratamento dos dispositivos não tenha sido adequada, uma vez que provocaram aumentos de velocidades de escoamento.
- Como esperado a simulação S8 apresentou a maior atenuação (46,04%).

A vazão máxima de escoamento sofreu as seguintes influências:

- Atenuação e retardo no tempo de pico devido ao envelhecimento do concreto.
- Baixa influência da sinuosidade.
- A simulação S6 apresentou aumento expressivo de vazão (178,29%). A simulação S7 apresentou aumento de 35,49%. Se em primeiro momento, o alargamento do canal provoca retenção posteriormente a vazão aumenta. Os dispositivos propostos provocaram diminuição do tempo de pico.
- A simulação S8 levou a atenuação e retardo no tempo de pico da vazão máxima.

Este trabalho de pesquisa apresentou características marcantes por focar uma região de rápidas transformações urbanas que exigem agilidade em levantamentos das mais diferentes matizes e adoção de medidas para tornar mais seguro o convívio entre população e meio ambiente urbano.

A utilização de um código em desenvolvimento que apresentou excelentes resultados, mesmo que pese suas incertezas e oscilações ou aplicações equivocadas, se revelou muito produtiva e eficiente. Exige-se que se continue seu desenvolvimento em outras aplicações e em novos cenários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, A. P.; RIBEIRO, H. A Percepção do Caos Urbano, as Enchentes e as suas Repercussões nas Políticas Públicas da região Metropolitana de São Paulo. **Revista Saúde e Sociedade**, São Paulo/SP, v. 15, n. 3, 2006. p. 145 – 161. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902006000300012&script=sci_arttext.

Acesso em: 22 jan. 2016.

ANDRADE, R. F. **Mapeamento Geotécnico Preliminar em Escala de Semidetalhe da Área de Expansão Urbana de Uberlândia-MG**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: <http://babao.dr.ufu.br:8080/lib/item?id=chamo:90299&theme=system>.

Acesso em: 22 jan. 2016.

ARAÚJO, B. A. et al. **Análise do Tempo de Concentração em Função das Características Fisiográficas em Bacias Urbanas**. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2013. Florianópolis (SC). Disponível em: https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/51b628c0f984da85b0201d42c0cdd10f_2ff3473dd68d07c62117d3505fad85a.pdf > Acesso em: 25 jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724:2011** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. São Paulo, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15287:2011** informação e documentação: projetos de pesquisa: apresentação. São Paulo, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Banco de Dados Integrados**. Uberlândia (MG). Disponível em: http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/56/514/banco_de_dados_integrados_bdi.html >. Acesso em: 15 jan. 2016.

BERNARDES, M. B. J. **Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha: A Disponibilidade de Água e Uso do Solo Sob a Perspectiva da Educação Ambiental**. 2007. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: http://www.ig.ufu.br/sites/ig.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/maria_beatriz.pdf >. Acesso em: 22 jan. 2016.

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO (SP). Blog. Apresenta consequências das enchentes de 2014. Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html> >. Acesso em: 22 jan. 2016.

CALDERARI, E. S. **A Reinserção de Cursos de Água em Áreas Urbanas. Estudo de Caso: Micro Bacia do Córrego Jataí-Uberlândia/MG**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: http://www.bdtd.ufu.br/tde_busca/processaPesquisa.php?nrPagina=1&pesqExecutada=0&

[nrExpressoes=1&campo%5B0%5D=TODO&texto%5B0%5D=calderari&Submit=Buscar+%BB&qtdRegPagina=5](#)>. Acesso em: 22 jan. 2016.

CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, B. Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 1, Jan/Mar 2011. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=4&SUMARIO=54>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J.; CORRÊA, A. C. B. Canais Fluviais Urbanos: Proposta de Tipologias para Região Metropolitana de Recife. **Revista de Geografia. UFPE – DCG/NAPA**. Recife/PE, n. 3, 2010. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/385/263>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

COLLISCHONN, B. et al. Modelagem hidrológica de uma bacia com uso intensivo de água : caso do rio Quaraí - RS. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 4 (out. /dez. 2011), p. 119-133. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/bd2d29be94798b6bb084aa1d11ef6f66_e97796eacf6001e296bbf9d65b6375f5.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2016.

COLLISCHONN, W. et al. Calibração e validação de modelo hidrológico com observações in situ, altimetria e gravimetria espaciais. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 1 (jan. /mar. 2011), p. 29-45. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/993e30167c8cc88326eb3406ce438410_1ecbb9ee00f133ad9969b41a93e77fe8.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2016.

DIAS, V. S. **Uso de modelo hidrológico em bacia hidrográfica urbana para previsão de enchentes. Estudo de caso:** Micro bacia do Córrego Jataí – Uberlândia/MG. 2015. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/433>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento das Águas de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 15, n. 2, abril/jun. 2010. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=7&SUMARIO=88>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Solos. **Apresenta informações sobre solos do Brasil**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920267/o-novo-mapa-de-solos-do-brasil-legenda-atualizada> >. Acesso em: 22 jan. 2016.

ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 10, 2014, São Paulo (SP). **Análise Espacial de Alagamento em São Paulo**. Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Biorretenção: Tecnologia Ambiental Urbana para Uma Drenagem Sustentável.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Estudo da Influência do Tipo de Tratamento de Canais Sobre a Qualidade Ambiental de Corpos de água. Córrego Ibiporã e do Sapé.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Estudo de Soluções para Controle de Enchentes Apoiado em Modelação Matemática.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Hidrogeologia Urbana: Uma proposta para o Município de Maringá-PR.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Reestruturação do Sistema de Drenagem Urbana da Cidade de Uberaba-MG.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

_____. **Risco de Inundação na Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro, Área Urbana de Uberlândia-MG.** Porto Alegre (RS): Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. 1 CD-ROM.

FERREIRA, E. R. et al. **Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes da Região do Vale do Taquari - RS – BRASIL.** In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. 2007. São Paulo (SP). Disponível em: < <http://www.inpe.br/crs/crectalc/pdf/eymar.pdf> >. Acesso em: 27 jan. 2016.

FINKLER, R. **Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias.** Brasília (DF): Agência Nacional de Águas, 2014. Disponível em: < <http://eadana.hospedagemdesites.ws/course/search.php?search=Planejamento%2C+Manejo+e+Gest%C3%A3o+de+Bacias&x=0&y=0> >. Acesso em: 22 jan. 2016.

FRANCISCHET, M. M.; ALAMY FILHO, J. E. **Equação de Intensidade-Duração-Frequência e Distribuição Temporal das Chuvas Intensas para o Município de Uberlândia Aplicada na Estimativa de Vazões Críticas Geradas em Lotes.** In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2012. Porto Alegre (RS). Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/4bd89d583f2ac1bc70067500d1c52f00_055e0d39e1490656c99c58d5cd014028.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.

FUCHS, A. M.S.; FRANÇA, M. N.; PINHEIRO, M. S. F. **Guia de Normalização de Publicações Técnico-Científicas da Universidade Federal de Uberlândia.** Uberlândia/MG, EDUFU, 2013, 286 p.

GERMANO, A.; TUCCI, C. E. M. Estimativa dos Parâmetros do Modelo IPH II para Algumas Bacias Urbanas Brasileiras. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Porto Alegre/RS, v. 3, n. 4 (out. /dez. 1998), p. 103-120. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/bca1428f5122fad9c6f036931c57510c_d517170c8749d227d08b3597df3c7926.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2016.

GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, C. M. Dimensionamento de Reservatórios de Armazenamento de Águas Pluviais Usando Critério Financeiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 15, n. 1, Jan/Mar 2010. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=8&SUMARIO=109>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

GORSKI, M. C. B.. **Rios e Cidades: Ruptura e Reconciliação**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Mackenzie, São Paulo. Disponível em: <<http://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C:mx.mackenzie.com.br%5C:576>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

HALLAK, R.; PEREIRA, A. J. **Metodologia para Análise de Desempenho de Simulações de Sistemas Convectivos na Região Metropolitana de São Paulo com o Modelo ARPS**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n4/a09v26n4.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2016

HERNANDEZ, V. Propagação de Enchentes em Reservatórios – Método Direto. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS.2007. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/cb9272b20b62cad20ee839a8446b5815_b8afb55a07fa55fc7bb0233b1b137f3a.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biblioteca. **Apresenta informações sobre o censo demográfico do ano de 2010**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=249230>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biblioteca. **Apresenta informações sobre o censo demográfico do ano de 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31o/tabela13_1.shtm&uf=31>. Acesso em: 25 jan. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **Apresenta informações sobre todos os municípios brasileiros**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

JUSTINO, E. A. **Estudo do Controle do Escoamento Superficial com Uso de Reservatório de Retenção na Bacia do Córrego Lagoinha, Município de Uberlândia-MG**. 2004. 283 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/210>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

MACEDO, D. R.; CALLISTO, M.; MAGALHÃES Jr, A. P. Restauração de Cursos de água em Áreas Urbanizadas: Perspectiva para Realidade Brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 3, jul. /set. 2011. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2011/Macedoetal2011.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2016.

MATA-LIMA, H.; SILVA, E. S.; RAMINHOS, C. Bacia de retenção para Gestão do Escoamento: Métodos de Dimensionamento e Instalação. **Revista da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto**. Ouro Preto/MG, 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672006000100013&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 jan. 2016.

MATA-LIMA, H. et al. Comportamento Hidrológico de Bacias Hidrográficas: integração de métodos e estudo de caso. **Revista da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto**. Ouro Preto/MG, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v60n3/v60n3a14.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

MATOS, A. J. S. et al. Metodologia para Caracterização do Coeficiente de Manning Variando na Seção Transversal e ao Longo do Canal de Estudo de Caso da Bacia do Alto Sapucaí/MG. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 4 (out. /dez. 2011), p. 21-28. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=1&SUMARIO=4>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

MELLO, G. B. R. **Modelo Hidrológico e Hidráulico para Estimativa e Delimitação de Áreas Inundadas**: Uma Ferramenta de Auxílio à Elaboração de Planos Diretores de Drenagem Urbana. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia (MG), 2012. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/sites/ppgec.feciv.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Greyce%20Bernardes%20de%20Melo%20Rezende.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas**. Tese (Doutorado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4599/1/2009_JussanaMilogranaCortes.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.

OLIVEIRA, O. F.; MENDES, C. A. B.; SOUZA, F. C. B. A Utilização da Simulação Dinâmica como Ferramenta de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas: O Caso do Arroio Dilúvio em Porto Alegre, RS. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 15, n. 4 (out./dez. 2010), p. 17-29. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/c012e107ebadedb323246705eb42e161_bd3cbbbdd24d616a77f9239f9b531cb7.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.

OLIVEIRA, R. P. **Revitalização de Bacias Hidrográficas: a experiência de Belo Horizonte**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2012. Porto Alegre (RS). Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Seminario-Internacional/Dia%2012.05/Ricardo%20Aroeira%201.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

PAIVA, R. C. et al. Modelo Hidrodinâmico 1D para Redes de Canais Baseado no Esquema Numérico de MacCormack. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 16, n. 3 (jul./set. 2011), p. 151-161. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/bfc3cf4d3c6a887f3146fc297d6dfd67_84c48e238451a79df415e328036f1e04.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2016.

PITA, M. Um Problema Para Além de Grandes Obras. **Revista Caros Amigos – Especial Desafios Urbanos**, São Paulo, ano XVI, nº. 58, p. 16-17, set. 2012.

PINTO, A. C. B. **Modelo Unidimensional para Simulação de Cheias em Rios e Áreas Urbanas**. Tese (Doutorado) – Ciências em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ). Disponível em: < <http://www.coc.ufrj.br/index.php/teses-de-doutorado/151-2007/1104-antonio-carlos-barreto-pinto>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

PONTES, P. R. M. **Comparação de Modelos Hidrodinâmicos Simplificados de Propagação de Vazão em Rios e Canais**. Dissertação (Mestrado) - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS). Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35350/000793356.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SALLA, M. R. et al. Aplicação da Ferramenta EVALHID para Calibração de Parâmetros e Simulação de Vazões no Alto Curso do Rio Araguari, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 20, n. 1, Jan/Mar 2015. Disponível em:< <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=176&SUMARIO=5047>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SARTORI, A., LOMBARDI NETO, F., GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 10, n. 4, out/dez 2005. Disponível em: <<http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiraderecursoshidricos/2005/vol10/no4/1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SARTORI, A., LOMBARDI NETO, F., GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 2: Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre/RS, v. 10, n. 4, out/dez 2005. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/2ad1ccf5cc715b1182f18ada4b78a527_94e5e2ff168aa7bdb82e9438b8838466.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SAYERS, D. et al.. Artificial intelligence techniques for flood risk management in urban environments. ELSEVIER – Procedia Engineering. 2013. Wallingford, Osforshire, UK. Disponível em: <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/15436/1-s2.0-S1877705814001672-main.pdf?sequence=2>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SHOLTES, J., DOYLE, M.. Effect of Channel Restoration on Flood Wave Attenuation. ASCE – Journal of Hydraulic Engineering. 2011. p. 196-208. Disponível em:< <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29HY.19437900.0000294?journalCode=jh-end8>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

SOUSA, J. S. **Áreas de Preservação Permanente Urbanas: mapeamento, diagnósticos, índices de qualidade ambiental e influência no escoamento superficial – Estudo de caso: Bacia do Córrego das Lajes, Uberaba/Mg**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG. Disponível em: < <http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/261>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. Análise dos Desenvolvidos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto

Alegre/RS, v. 17, n. 4 (out./dez. 2012), p. 17-28. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=96&SUMARIO=1377>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. Disponível em: < http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=livro10_calculos_hidrologicos-ler.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. USP – Cadernos de Estudos Avançados. São Paulo. 2008. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295/11943>>. Acesso em: 29 jan. 2016.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. ABRH. Porto Alegre (RS). 2003. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2016.

UBERLÂNDIA. Lei Complementar nº 525 de 14 de Abril de 2011. Uberlândia (MG). Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/1836.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2016.
