



# EPA SWMM 5.0

## MODELO DE GESTÃO DE DRENAGEM URBANA

SWMM 5 - tutorial\_onda cinemática.inp

Arquivo Editar Visualizar Projeto Relatório Ferramentas Janela Ajuda

Dados Mapa

Objetos

Sub-bacias

Precipitação

Nós

Nenhuma

Trechos

Vazão

Período

Data

10/31/2011

Hora

03:00:00

Tempo Transcorrido

0:03:00:00

Animação

Mapa da Área de Estudo

10/31/2011 03:00:00

Trecho Vazão

Sub-bacia Precipitação

25.00 0.01

50.00 0.05

75.00 0.10

100.00 0.50

LPS mm/h

Trecho T3

Sub-bacia T1

N3 N1

T4 T2

E1 N4 N2

Gráfico - Trecho T3 Vazão

Trecho T3 Vazão

Vazão (LPS)

Tempo Transcorrido (horas)

Tabela - Sub-bacia Escoamento

Dias	Horas	Sub-bacia S3
0	01:30:00	14.23
0	01:45:00	14.29
0	02:00:00	14.29
0	02:15:00	28.47
0	02:30:00	28.57
0	02:45:00	28.58
0	03:00:00	28.91
0	03:15:00	21.61
0	03:30:00	21.52
0	03:45:00	21.61
0	04:00:00	21.83
0	04:15:00	14.41
0	04:30:00	14.29
0	04:45:00	14.29
0	05:00:00	14.29

Gráfico do Perfil - Nó N1 - E1

Perfil da cota do nível da água: Nó N1 - E1

Cota (m)

Distância (m)

10/31/2011 03:00:00

# SWMM 5.0 MANUAL DO USUÁRIO

por

Lewis A. Rossman  
Water Supply and Water Resources Division  
National Risk Management Research Laboratory  
Cincinnati, OH 45268

## Tradução

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento  
Universidade Federal da Paraíba, UFPB, BRASIL.



Este trabalho é fruto do convênio ECV-DTP 004/2010 firmado entre a ELETROBRAS, no âmbito do PROCEL, e a UFPB/FUNAPE, tendo como um de seus produtos a elaboração da versão brasileira do Manual e Programa do SWWM - Modelo de Gestão de Drenagem Urbana.

## **ELETROBRAS/PROCEL**

### **Presidência**

José da Costa Carvalho Neto

### **Diretoria de Transmissão**

José Antônio Muniz Lopes

### **Departamento de Projetos de Eficiência Energética**

Fernando Pinto Dias Perrone

### **Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio**

Marco Aurélio R. Gonçalves Moreira

## **UFPB**

### **Reitor**

Rômulo Soares Polari

### **Vice-Reitora**

Maria Yara Campos Matos

### **Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa**

Isac Almeida de Medeiros

### **Diretor do Centro de Tecnologia**

Clivaldo Silva de Araújo

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **ELETROBRÁS/PROCEL**

#### **Equipe PROCEL SANEAR**

Denise Pereira Barros

Eduardo Ramos Duarte

Luciana Dias Lago Machado

Marcus Paes Barreto

Pamela Silva dos Santos

Simone Ribeiro Matos

### **CEPEL**

Airton Sampaio Gomes

Paulo da Silva Capella

### **Revisão Gráfica**

Kelli Cristine Mondaini

### **LENHS**

Heber Pimentel Gomes (Coordenador)

Paulo Sérgio Oliveira de Carvalho

Ronildo Soares de Alencar

Moisés Menezes Salvino

Luís Simão de Andrade Filho

Simplício Arnaud da Silva

Roberta Macêdo Marques Gouveia

Alain Passerat de Silans

Cristiano das Neves Almeida

Wil Lavor Lucena Camboim

Gênisson Batista Carneiro

Nicolle de Belmont Sabino Rocha

Renato de Sousa

Flávia Lima Cordeiro de Moura

Allan Santos de Sousa

Rômulo de Oliveira Azevêdo

### **Diagramação**

Roberta Macêdo Marques Gouveia





## TÍTULO ORIGINAL

STORM WATER MANAGEMENT MODEL – USER’S MANUAL  
EPA/600/R-05/040 - JULY 2010  
NATIONAL RISK MANAGEMENT RESEARCH LABORATORY  
OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT  
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
CINCINNATI, OH 45268, U.S.A.

## Tradução para a língua portuguesa (versão brasileira)

Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento  
Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, Brasil.

Equipe:

Heber Pimentel Gomes (coordenador)  
Moisés Menezes Salvino (responsável pela tradução do software)  
Alain Passerat de Silans  
Cristiano das Neves Almeida  
Gerald Norbert Souza da Silva

## Nota

A informação contida neste documento foi financiada pela U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) e foi submetida à revisão técnica e administrativa da EPA, tendo sua publicação aprovada como documento da EPA. As menções realizadas a marcas ou produtos comerciais não se constituem em reconhecimento ou recomendação a seu uso.

Embora todos os esforços tenham sido feitos para garantir que os resultados obtidos sejam corretos, os programas de informática descritos neste manual são experimentais. De forma que, nem o autor nem a *U.S. Environmental Protection Agency* são responsáveis nem assumem nenhuma relação com quaisquer resultados obtidos com o programa, nem da utilização que se faça com o mesmo, nem ainda, por quaisquer danos ou litígio que resultem da utilização destes programas para qualquer fim.

## PREFÁCIO DA EDIÇÃO ORIGINAL

A *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) é a agência estatal norte-americana encarregada pelo Congresso dos Estados Unidos da América de proteger os seus recursos naturais (terra, ar e recursos hídricos). De acordo com a legislação norte-americana em matéria ambiental, cabe a esta instituição conceber e implementar ações que conduzam a um balanço entre as atividades humanas e a capacidade dos sistemas naturais para suportar e garantir níveis ambientais aceitáveis. Para cumprir este objetivo, o programa de pesquisa da EPA fornece informação de base e suporte técnico para a resolução de problemas ambientais reais, que permitam construir uma base de conhecimento científico necessária a uma adequada gestão dos recursos ecológicos, e que também permitam ajudar a compreender o modo como os poluentes podem afetar a saúde pública e prevenir ou minimizar futuros riscos ambientais.

O *National Risk Management Research Laboratory*<sup>1</sup>, um dos laboratórios da EPA, constitui a unidade principal para a pesquisa de técnicas e metodologias de gestão que permita reduzir os riscos para a saúde humana e o ambiente. Os seus principais objetivos são: o desenvolvimento de metodologias de prevenção e controle da poluição do ar, terras e recursos superficiais; a proteção da qualidade da água em sistemas públicos de abastecimento; o melhoramento das condições ambientais de locais contaminados e de aquíferos subterrâneos; e a prevenção e controle da poluição do ar em recintos fechados. As principais funções desta unidade de pesquisa são: desenvolver e implementar tecnologias ambientais inovadoras e economicamente viáveis; desenvolver informação científica e de engenharia, necessárias à EPA para apoio à decisão no âmbito de regulamentos e de políticas; e, ainda, fornecer suporte técnico e proporcionar a transferência de informação que assegure a implementação eficaz de decisões e regulamentações ambientais.

A degradação da qualidade da água devido ao escoamento superficial de áreas urbanas, e em desenvolvimento, continua a ser a maior ameaça à qualidade ambiental dos rios do nosso país. O *Storm Water Management Model* é um programa computacional que pode analisar o impacto do escoamento superficial e avaliar a efetividade de estratégias de mitigação. A versão modernizada e atualizada do modelo, descrito neste documento, o tornará uma ferramenta mais acessível e valiosa para pesquisadores e usuários relacionados às áreas de recursos hídricos e gerenciamento e planeamento da qualidade das águas.

**E. Timothy Oppelt**

Diretor do *National Risk Management Research Laboratory*

---

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Investigação sobre Gestão do Risco

## PREFÁCIO DA EDIÇÃO BRASILEIRA

A versão do programa SWMM para o português, falado e escrito no Brasil, é uma iniciativa do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), pertencente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Esta iniciativa foi proporcionada pela necessidade de se dispor, no Brasil, de forma acessível a todos os possíveis usuários, de um programa de modelagem e gestão de drenagem urbana, que possa auxiliar os profissionais e estudiosos que lidam com o melhoramento das condições de gerenciamento operacionais de sistemas de drenagem urbana.

A elaboração da versão brasileira do SWMM somente foi possível graças à louvável política da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) que disponibiliza o programa livremente, com o seu código fonte, de forma que este possa ser adaptado para outras versões a serem realizadas no mundo.

O arquivo de instalação da versão brasileira do SWMM 5.0 e o seu respectivo Manual estão disponibilizados para *download* no endereço [www.lenhs.ct.ufpb.br](http://www.lenhs.ct.ufpb.br).

A presente edição da versão brasileira do SWMM contou com o patrocínio da ELETROBRAS (Centrais Elétricas Brasileiras S. A.), no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Setor de Saneamento (PROCEL SANEAR – Eficiência Energética no Saneamento Ambiental).

**Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da UFPB**

Junho de 2012

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - Introdução ao EPA SWMM</b>	<b>13</b>
1.1 O que é o Storm Water Management Model?	13
<b>CAPÍTULO 2 - Tutorial</b>	<b>19</b>
2.1 Exemplo de Estudo	19
2.2 Configuração do Projeto	20
2.3 Desenho dos Objetos	23
2.4 Definindo as Propriedades dos Objetos	25
2.5 Execução de uma Simulação	29
2.5.1 Definição das Opções de Simulação	29
2.5.2 Executando a Simulação	30
2.5.3 Visualizando o Relatório do Estado	31
2.5.4 Visualização dos Resultados no Mapa	31
2.5.5 Gráficos de Séries Temporais	34
2.5.6 Gráficos de Perfis Longitudinais	35
2.5.7 Realização de uma Análise com o Modelo Completo da Onda Dinâmica	36
2.6 Simulação da Qualidade da água	37
2.7 Realização de uma Simulação Contínua	42
<b>CAPÍTULO 3 - Modelo Conceitual</b>	<b>47</b>
3.1 Introdução	47
3.2 Objetos Físicos	48
3.2.1 Pluviômetros	48
3.2.2 Sub-bacias	49
3.2.3 Nós de Conexão	50
3.2.4 Nós Exutórios	50
3.2.5 Divisores de Fluxo	50
3.2.6 Unidades de Armazenamento	51
3.2.7 Conduitos	52
3.2.8 Bombas	54
3.2.9 Reguladores de Vazão	56
3.2.10 Rótulos do Mapa	58
3.3 Objetos Virtuais (sem representação gráfica)	58
3.3.1 Climatologia	58
3.3.2 Acumulação de Neve	59
3.3.3 Aquíferos	60
3.3.4 Hidrogramas Unitários	61
3.3.5 Seção Transversal Irregular	62
3.3.6 Contribuições Externas de Vazão	62
3.3.7 Regras de Controle	63
3.3.8 Agentes Poluentes	64
3.3.9 Usos do Solo	65

3.3.10	Tratamento	67
3.3.11	Curvas	68
3.3.12	Série Temporal	68
3.3.13	Padrões Temporais	69
3.3.14	Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID)	69
<b>3.4</b>	<b>Métodos Computacionais</b>	<b>70</b>
3.4.1	Escoamento Superficial	71
3.4.2	Infiltração	72
3.4.3	Águas Subterrâneas	72
3.4.4	Degelo	73
3.4.5	Modelo de Transporte Hidráulico	74
3.4.6	Alagamento	76
3.4.7	Modelo de Qualidade da Água	76
3.4.8	Representação do Objeto LID	76

## **CAPÍTULO 4 - Janela Principal do SWMM** **79**

<b>4.1</b>	<b>Visão Geral</b>	<b>79</b>
<b>4.2</b>	<b>O Menu Principal</b>	<b>80</b>
4.2.1	Menu Arquivo	80
4.2.2	Menu Editar	80
4.2.3	Menu Visualizar	81
4.2.4	Menu Projeto	81
4.2.5	Menu Relatório	81
4.2.6	Menu Ferramentas	81
4.2.7	Menu Janela	82
4.2.8	Menu Ajuda	82
<b>4.3</b>	<b>As Barras de Ferramentas</b>	<b>82</b>
4.3.1	Barra de Ferramentas Padrão	82
4.3.2	Barra de Ferramentas do Mapa	83
4.3.3	Barra de Ferramentas Objeto	83
<b>4.4</b>	<b>A Barra de Estado</b>	<b>84</b>
<b>4.5</b>	<b>O Mapa da Área de Estudo</b>	<b>85</b>
<b>4.6</b>	<b>Painel de Navegação de Dados</b>	<b>86</b>
<b>4.7</b>	<b>O Painel de Navegação do Mapa</b>	<b>86</b>
<b>4.8</b>	<b>O Editor de Propriedades</b>	<b>87</b>
<b>4.9</b>	<b>Fixar as Preferências do Programa</b>	<b>89</b>
4.9.1	Preferências Gerais	89
4.9.2	Formato de Números	90

## **CAPÍTULO 5 – Trabalhando com Projetos** **91**

<b>5.1</b>	<b>Criar um Novo Projeto</b>	<b>91</b>
<b>5.2</b>	<b>Abrir um Projeto Existente</b>	<b>91</b>
<b>5.3</b>	<b>Salvar um Projeto</b>	<b>92</b>
<b>5.4</b>	<b>Configurações Pré-definidas do Projeto</b>	<b>92</b>

5.4.1	Identificadores Pré-definidos	92
5.4.2	Propriedades Pré-definidas das Sub-bacias	93
5.4.3	Propriedades Pré-definidas de Nós e Trechos	94
<b>5.5</b>	<b>Unidades de Medida</b>	<b>94</b>
<b>5.6</b>	<b>Convenções para o Offset dos Trechos</b>	<b>95</b>
<b>5.7</b>	<b>Dados de Calibração</b>	<b>95</b>
5.7.1	Arquivos de Calibração	95
5.7.2	Registrando Dados de Calibração	96
<b>5.8</b>	<b>Visualizar Todos os Dados do Projeto</b>	<b>96</b>
 <b>CAPÍTULO 6 – Trabalhando com Objetos</b>		 <b>97</b>
<b>6.1</b>	<b>Tipos de Objetos</b>	<b>97</b>
<b>6.2</b>	<b>Inserir um Objeto</b>	<b>98</b>
6.2.1	Inserir um Pluviômetro	98
6.2.2	Inserir uma Sub-bacia	98
6.2.3	Inserir um Nó	99
6.2.4	Inserir um Trecho	99
6.2.5	Inserir um Rótulo no Mapa	99
6.2.6	Inserir um Objeto Não Visível	100
<b>6.3</b>	<b>Selecionar e Mover Objetos</b>	<b>100</b>
<b>6.4</b>	<b>Editar Objetos</b>	<b>100</b>
<b>6.5</b>	<b>Converter Objetos</b>	<b>101</b>
<b>6.6</b>	<b>Copiar e Colar Objetos</b>	<b>102</b>
<b>6.7</b>	<b>Dar Forma e Inverter um Trecho</b>	<b>102</b>
<b>6.8</b>	<b>Dar Forma a uma Sub-bacia</b>	<b>103</b>
<b>6.9</b>	<b>Excluir um Objeto</b>	<b>103</b>
<b>6.10</b>	<b>Editar ou Excluir um Grupo de Objetos</b>	<b>103</b>
 <b>CAPÍTULO 7 – Trabalhando com o Mapa</b>		 <b>105</b>
<b>7.1</b>	<b>Selecionar um Objeto para o Mapa</b>	<b>105</b>
<b>7.2</b>	<b>Configurar as Dimensões do Mapa</b>	<b>105</b>
<b>7.3</b>	<b>Utilizar um Mapa de Fundo</b>	<b>106</b>
<b>7.4</b>	<b>Medindo Distâncias</b>	<b>110</b>
<b>7.5</b>	<b>Zoom do Mapa</b>	<b>110</b>
<b>7.6</b>	<b>Mover ou Enquadrar o Mapa</b>	<b>110</b>
<b>7.7</b>	<b>Visualizar Mapa Completo</b>	<b>111</b>
<b>7.8</b>	<b>Localizar um Objeto</b>	<b>111</b>
<b>7.9</b>	<b>Realizar uma Consulta sobre o Mapa</b>	<b>112</b>
<b>7.10</b>	<b>Utilizar as Legendas do Mapa</b>	<b>113</b>
<b>7.11</b>	<b>Utilizando a Vista Panorâmica do Mapa</b>	<b>114</b>



<b>7.12 Configurar a Apresentação do Mapa</b>	<b>114</b>
7.12.1 Opções de Sub-bacia	115
7.12.2 Opções de Nós	116
7.12.3 Opções de Trechos	116
7.12.4 Opções de Rótulos	116
7.12.5 Opções de Anotações	116
7.12.6 Opções de Símbolos	117
7.12.7 Opções de Setas de Fluxo	117
7.12.8 Opções de Fundo do Mapa	117
<b>7.13 Exportar o Mapa</b>	<b>117</b>
<b>CAPÍTULO 8 – Executando uma Simulação</b>	<b>119</b>
<b>8.1 Configurando Opções de Simulação</b>	<b>119</b>
8.1.1 Opções Gerais	119
8.1.2 Opções de Datas	121
8.1.3 Opções de Passo de Tempo	122
8.1.4 Opções do Modelo da Onda Dinâmica	122
8.1.5 Opções de Arquivos	123
<b>8.2 Configurando as Opções de Relatório</b>	<b>125</b>
<b>8.3 Iniciar uma Simulação</b>	<b>126</b>
<b>8.4 Problemas nos Resultados Obtidos</b>	<b>127</b>
<b>CAPÍTULO 9 – Visualizando os Resultados da Simulação</b>	<b>131</b>
<b>9.1 Visualizar um Relatório do Estado da Simulação</b>	<b>131</b>
<b>9.2 Variáveis que Podem ser Visualizadas</b>	<b>134</b>
<b>9.3 Visualizando Resultados no Mapa</b>	<b>135</b>
<b>9.4 Visualizar Resultados com um Gráfico</b>	<b>136</b>
9.4.1 Gráfico de Série Temporal	137
9.4.2 Gráfico do Perfil Longitudinal	138
9.4.3 Gráfico de Dispersão	140
<b>9.5 Personalizar a Aparência de um Gráfico</b>	<b>141</b>
9.5.1 Caixa de Diálogo de Opções de Gráfico	141
9.5.2 Opções Gerais de Gráficos	142
9.5.3 Opções de Eixos do Gráfico	142
9.5.4 Opções de Legenda do Gráfico	143
9.5.5 Opções de Séries do Gráfico	143
9.5.6 Opções para o Perfil Longitudinal	143
<b>9.6 Visualizando Resultados com uma Tabela</b>	<b>144</b>
<b>9.7 Visualizar um Relatório de Estatísticas</b>	<b>146</b>
<b>CAPÍTULO 10 – Impressão e Cópia</b>	<b>151</b>
<b>10.1 Selecionando uma Impressora</b>	<b>151</b>
<b>10.2 Configurando o Formato da Página</b>	<b>151</b>
<b>10.3 Visualizar Impressão</b>	<b>153</b>

10.4 Imprimindo a Vista Ativada	153
10.5 Copiando para a Área de Transferência ou para um Arquivo	153
<b>CAPÍTULO 11 – Arquivos Utilizados pelo SWMM</b>	<b>155</b>
11.1 Arquivo de Projeto	155
11.2 Arquivos de Saída e de Relatório	156
11.3 Arquivos de Precipitação	156
11.4 Arquivos de Clima	157
11.5 Arquivos de Calibração	157
11.6 Arquivos de Séries Temporais	158
11.7 Arquivos de Interface	159
<b>CAPÍTULO 12 – Ferramentas Adicionais</b>	<b>163</b>
12.1 O que são as Ferramentas Adicionais	163
12.2 Configurando Ferramentas Adicionais	164
<b>APÊNDICE A – Tabelas Úteis</b>	<b>167</b>
<b>APÊNDICE B – Propriedades dos Objetos Físicos</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE C – Editores de Propriedades Especiais</b>	<b>185</b>
<b>APÊNDICE D – Linhas de Comando</b>	<b>229</b>
<b>APÊNDICE E – Mensagens de Erro e Advertência</b>	<b>273</b>

# 01 CAPÍTULO

## Introdução ao EPA SWMM

---

### 1.1 O que é o Storm Water Management Model?

O *Storm Water Management Model* – SWMM (Modelo de Gestão de Drenagem Urbana - SWMM), da EPA, é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas; pode ser utilizado para a simulação de um único evento chuvoso, bem como para uma simulação contínua de longo prazo. O componente relativo ao escoamento superficial do SWMM opera com um conjunto de sub-bacias hidrográficas que recebem precipitações e geram escoamentos e cargas poluidoras. O *módulo de transporte hidráulico* do SWMM simula o percurso destas águas através de um sistema composto por tubulações, canais, dispositivos de armazenamento e tratamento, bombas e elementos de regulação. O SWMM acompanha a evolução da quantidade e da qualidade do escoamento dentro de cada sub-bacia, assim como a vazão, a altura de escoamento e a qualidade da água em cada tubulação e canal, durante um período de simulação composto por múltiplos intervalos de tempo.

O SWMM foi desenvolvido em 1971<sup>2</sup>, tendo sofrido, desde então, diversas atualizações<sup>3</sup>. É amplamente utilizado em várias partes do mundo para o planejamento, análises e projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais em áreas urbanas, sistemas coletores de águas residuárias (sejam eles separados, unitários ou mistos), com muitas aplicações, também, em áreas não urbanas. A edição atual, que corresponde à quinta versão do programa, é um código reescrito completamente a partir de edições anteriores. Funcionando sob a plataforma Windows®, o SWMM 5 proporciona um ambiente integrado, que permite a entrada de dados para a área de estudo, simular o comportamento hidrológico, hidráulico, estimar a qualidade da água e visualizar os resultados da modelagem em uma grande variedade de formatos. Como exemplos, podem-se citar: áreas de drenagem codificadas por meio de cores; mapas de sistemas de coletores de água; gráficos e tabelas de séries temporais; diagramas de perfil e análises estatísticas de frequência.

---

<sup>2</sup> Metcalf & Eddy, Inc., University of Florida, Water Resources Engineers, Inc. “*Storm Water Management Model, Volume I – Final Report*”, 11024DOC07/71, Water Quality Office, Environmental Protection Agency, Washington, DC, Julio 1971.

<sup>3</sup> Huber, W.C. & Dickinson, R.E., “*Storm Water Management Model, Version 4: User’s Manual*”, EPA/600/3-88/001a, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, Outubro 1992.

A última revisão do SWMM (versão 5.00.22) foi produzida pelo *National Risk Management Research Laboratory* (Laboratório Nacional de Gestão de Riscos), dos Estados Unidos, pertencente à Agência para Proteção do Meio Ambiente (EPA), em 21/04/2011, com a colaboração da consultoria CDM<sup>4</sup>.

### Capacidade da Modelagem

O SWMM considera distintos processos hidrológicos que produzem escoamentos procedentes de áreas urbanas. Entre estes se encontram:

- > Precipitações variáveis no tempo.
- > Evaporação de águas empoçadas.
- > Acumulação e degelo da neve.
- > Intercepção de precipitações por armazenamento em depressões.
- > Infiltração das precipitações em camadas do solo não saturadas.
- > Percolação da água infiltrada nas camadas dos aquíferos.
- > Troca de fluxo entre os aquíferos e o sistema de drenagem.
- > Modelagem do fluxo superficial por meio de reservatórios não-lineares.
- > Captação e retenção das precipitações e dos escoamentos em diversos dispositivos de baixo impacto.

A variabilidade espacial em todos estes processos é obtida dividindo-se uma determinada área de estudo em áreas de captação de água, menores e homogêneas, denominadas sub-bacias, cada uma com sua própria fração de subáreas permeáveis e impermeáveis. O escoamento superficial é conduzido entre as diversas subáreas, entre as diferentes sub-bacias ou entre os pontos de entrada de um sistema de drenagem.

Além disso, o SWMM possui um conjunto versátil de ferramentas de modelagem hidráulica, utilizadas para conduzir o fluxo decorrente do escoamento superficial e das contribuições externas de vazão, através de uma rede de tubulações, canais, dispositivos de armazenamento e tratamento da água, e demais estruturas. Estas ferramentas proporcionam a capacidade de:

- > Manipular redes de tamanho ilimitado.
- > Utilizar uma ampla variedade de geometrias para os condutos, tanto abertos como fechados, assim como para os canais naturais.
- > Modelar elementos especiais como unidades de armazenamento e tratamento, divisores de fluxo, bombas, vertedores e orifícios.
- > Considerar escoamentos externos quanto à qualidade e quantidade, sejam eles superficiais ou provenientes de trocas com aquíferos; infiltrações no sistema de drenagem devido à precipitação RDII (*Rainfall-Dependent Infiltration/Inflow*); águas residuárias em tempos secos (sistemas unitários ou mistos de drenagem) e outros definidos pelo usuário.
- > Utilizar tanto o método da onda cinemática como o método completo da onda dinâmica para a propagação dos fluxos.
- > Modelar distintos regimes de fluxo, tais como remanso, entrada em carga, fluxo reverso e alagamentos.

<sup>4</sup> Camp & Dresser McKee, Inc.

- > Aplicar controles dinâmicos, definidos pelo usuário, para simular o funcionamento das bombas, a abertura de orifícios ou a posição da crista de vertedores.

Além de modelar a geração e transporte do escoamento superficial, o SWMM também pode estimar a produção e a evolução de cargas de agentes poluentes associadas a este tipo de escoamento. Os processos seguintes podem ser modelados para qualquer número de substâncias associadas à qualidade da água definidas pelo usuário:

- > Acumulação do poluente durante o tempo seco, para diferentes usos do solo.
- > Lixiviação do agente poluente como função do tipo de uso do solo.
- > Contribuição direta decorrente da própria chuva.
- > Redução da poluição acumulada devido à limpeza da rua.
- > Redução da carga de poluentes arrastados pela enxurrada devido a boas práticas de manejo (BMPs<sup>5</sup>).
- > Entrada de águas residuárias em tempo seco e outras contribuições externas especificadas pelo usuário em qualquer ponto do sistema de drenagem.
- > Propagação de substâncias associadas à qualidade da água ao longo do sistema de drenagem.
- > Redução na concentração do poluente por meio de tratamentos em reservatórios ou devido a processos naturais em tubulações e canais.

### Aplicações Típicas do SWMM

Desde a sua criação, o SWMM tem sido utilizado em milhares de estudos de redes de drenagem, tanto de águas residuárias como de águas pluviais. Entre as aplicações típicas podem-se mencionar:

- > Concepção e dimensionamento de componentes da rede de drenagem para controle de inundações.
- > Dimensionamento de estruturas de retenção e acessórios para o controle de inundações e a proteção da qualidade das águas.
- > Delimitação de zonas de inundação em leitos naturais.
- > Concepção de estratégias de controle para minimizar o transbordamento de sistemas unitários e mistos.
- > Avaliação do impacto de contribuições e infiltrações sobre o transbordamento de sistemas de drenagem de águas residuárias.
- > Geração de poluição difusa para estudos de lançamento de efluentes (carga de contaminantes).
- > Avaliação da eficácia das BMPs (Boas Práticas de Manejo) para reduzir o carregamento de poluentes durante a chuva.

### Instalação do EPA SWMM

A versão 5 do EPA SWMM está concebida para trabalhar com os sistemas operacionais Windows® 98/NT/ME/2000/XP/Vista/7, para computadores compatíveis com

---

<sup>5</sup> Do inglês *Best Management Practices*, pode ser traduzido para o português como Boas Práticas de Manejo. Na tradução deste Manual e do programa a abreviação em inglês foi preservada.

IBM/Intel. É distribuída em um único arquivo, **swmm\_50022\_brasil.exe**, que contém um programa de instalação automática. Para instalar o EPA SWMM:

1. Selecione **Executar** a partir do Menu de Início do Windows.
2. Introduza o caminho completo onde se encontra o arquivo **swmm\_50022\_brasil.exe** ou clique no botão de **Pesquisar...** para localizar este arquivo em seu computador.
3. Clique no botão **OK** para começar o processo de instalação.

O programa de instalação solicitará uma pasta onde os arquivos do SWMM serão instalados. A pasta pré-definida é **C:\Arquivos de Programa\SWMM 5.00.22 Brasil**. Uma vez terminada a instalação, o Menu Iniciar contará com uma nova opção denominada **SWMM 5.00.22 Brasil**. Para iniciar o SWMM, basta selecionar o Menu e clicar na opção **SWMM 5.00.22 Brasil**, que aparecerá no correspondente submenu (o nome do arquivo executável que executa o SWMM em Windows® é **epaswmm5.exe**).

Em ambientes Windows® 2000, XP, Vista e 7, as configurações pessoais para executar o SWMM são armazenadas na subpasta EPASWMM na pasta do usuário do aplicativo. Caso necessite armazenar essas configurações em outro local, pode-se criar um atalho na área de trabalho cujo caminho de entrada é o Programa executável seguido de /s e o nome da pasta do usuário onde serão armazenadas as configurações do SWMM 5.0.

Por exemplo:

```
"C:\Arquivos de Programa\SWMM 5.00.22 Brasil\ epaswmm5.exe" /s  
"C:\Usuários\Usuário1\SWMM5\"
```

Para desinstalar o **SWMM 5.00.22 Brasil** do computador, deve-se proceder da seguinte forma:

1. Selecione **Configuração** a partir do Menu Iniciar do Windows.
2. Selecione **Painel de Controle** a partir do Menu Configuração.
3. Clique duas vezes na opção **Instalar ou Remover Programas**.
4. Selecione **SWMM 5.00.22 Brasil** da lista de programas.
5. Clique no botão de **Instalar/Remover**.

### Passos na Utilização do SWMM

Geralmente, quando se executa o SWMM para modelar o escoamento sobre uma área de estudo, os seguintes passos são executados:

1. Especificar um conjunto predeterminado de opções de trabalho e de propriedades dos objetos (ver seção 5.4).
2. Desenhar uma representação gráfica dos objetos físicos do sistema no mapa da área de estudo (ver seção 6.2).
3. Editar as propriedades dos objetos que compõem o sistema (ver seção 6.4).
4. Selecionar o conjunto de opções para análise (ver seção 8.1).
5. Executar a simulação (ver seção 8.2).
6. Ver os resultados da simulação (ver capítulo 9).

Alternativamente, o usuário pode converter arquivos de dados de entrada de projetos elaborados com versões anteriores do SWMM em vez de proceder com os passos 1 a 4 descritos anteriormente.

## Sobre este Manual

O Capítulo 2 deste manual apresenta um breve tutorial que ajudará o usuário a se iniciar no uso do EPA SWMM. Mostra como inserir objetos ao projeto SWMM, como editar as propriedades destes objetos, como executar a simulação de um evento chuvoso, tanto para o estudo hidrológico como para o de qualidade da água e, por último, como executar uma simulação contínua de longa duração.

O Capítulo 3 proporciona material genérico sobre como o SWMM modela o escoamento superficial numa área de drenagem. Discute o comportamento dos componentes físicos que constituem a sub-bacia de drenagem e o sistema de coletores, junto com uma descrição de como manipular outras informações, como a quantidade de chuva, as entradas de águas residuárias em tempo seco e os controles de regulação. Além disso, proporciona uma visão geral de como se realizam as simulações hidrológicas, hidráulicas e de qualidade da água.

O Capítulo 4 mostra como está organizada a interface gráfica do EPA SWMM; descreve as funções das diversas opções dos menus e barras de ferramentas; também descreve como utilizar as três janelas principais do programa: o Mapa da Área de Estudo, o Gerenciador de Objetos e o Editor de Propriedades.

O Capítulo 5 descreve os arquivos que compõem um projeto e que armazenam toda a informação correspondente ao sistema de drenagem do modelo SWMM. Mostra como criar, abrir e salvar estes arquivos, além de como configurar o projeto com diversas opções pré-definidas. Por último, descreve como mostrar os dados de calibração que serão utilizados para confrontar os resultados da simulação com os valores medidos.

O Capítulo 6 descreve como construir o modelo da rede de drenagem com o programa EPA SWMM. Mostra como criar os diversos objetos que constituem a rede de drenagem (sub-bacias, tubulações e canais, bombas, unidades de armazenamento, vertedores etc.); como editar as propriedades destes objetos e como descrever a maneira como as contribuições externas, as condições de contorno e os controles operacionais são alterados ao longo do tempo.

O Capítulo 7 explica como utilizar o Mapa da Área de Estudo, o qual proporciona uma visão gráfica do sistema modelado. Mostra como apresentar no mapa, mediante um código de cores, diversos parâmetros do projeto calculados pelo modelo; como ajustar, aproximar, distanciar ou mover o mapa; como localizar objetos nele; como utilizar imagens de fundo e quais são as opções disponíveis para personalizar a aparência do mapa.

O Capítulo 8 mostra como executar uma simulação com o modelo SWMM. São descritas as várias opções que controlam como a análise é feita e oferece dicas de como resolver problemas na fase de análise dos resultados da simulação.

O Capítulo 9 descreve as diversas formas de apresentar os resultados de análises, incluindo diferentes vistas do Mapa da Área de Estudo, diversos tipos de tabelas e gráficos e vários tipos de relatórios.

O Capítulo 10 explica como imprimir e copiar os resultados discutidos no Capítulo 9.

O Capítulo 11 descreve como o EPA SWMM pode utilizar diversos tipos de interfaces que tornam as simulações mais eficientes.

Por último, o manual inclui também vários apêndices:

Apêndice A - Fornece várias tabelas úteis que apresentam os valores dos parâmetros. Entre elas tem-se uma tabela com as unidades de variáveis de projeto ou calculadas pelo modelo.



Apêndice B - Lista as propriedades editáveis para todos os objetos que podem ser apresentados visualmente no mapa e podem ser editados clicando sobre eles.

Apêndice C - Descreve os editores especializados disponíveis para ajustar as propriedades dos objetos não visíveis.

Apêndice D - Fornece as instruções para executar o SWMM em sua versão em linha de comandos e inclui uma descrição detalhada do formato do arquivo de projeto.

Apêndice E - Lista todas as mensagens de erro e advertência que o SWMM pode produzir e qual o seu significado.

# 02 CAPÍTULO

## Tutorial

---

Este capítulo contém um tutorial do programa SWMM. Caso não esteja familiarizado com os elementos que compõem um sistema de drenagem, e como eles são representados no modelo SWMM, deve-se antes revisar o Capítulo 3.

### 2.1 Exemplo de Estudo

Neste tutorial será modelado um sistema de drenagem pluvial, correspondente a uma área de uso residencial de 4.86 ha. O traçado da rede de drenagem é apresentado na Figura 2.1, que consiste de três sub-bacias<sup>6</sup> (numeradas S1, S2 e S3), quatro trechos coletores (T1 a T4) e quatro nós de conexão (N1 a N4).

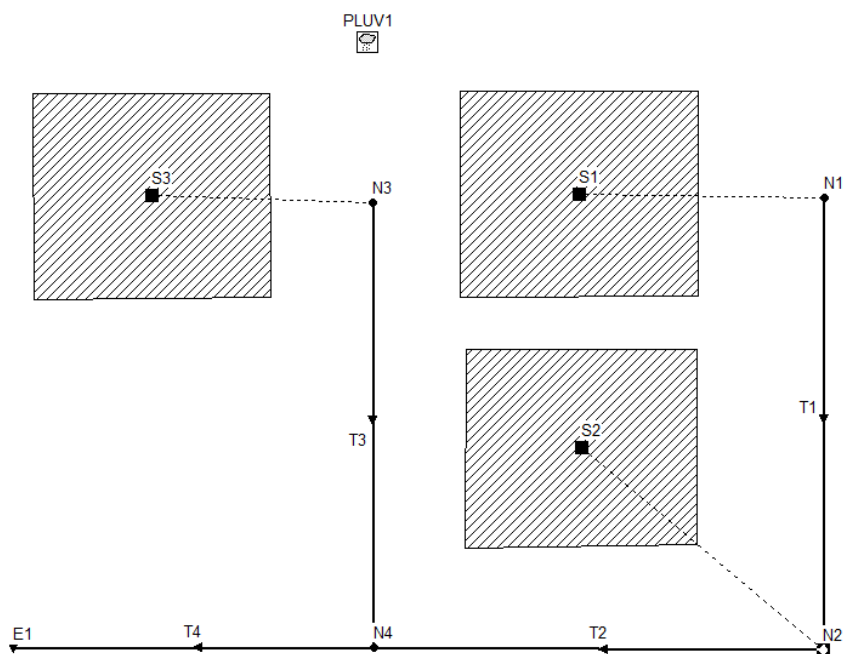


Figura 2.1 - Área de estudo do exemplo

---

<sup>6</sup> Uma sub-bacia é uma porção do terreno composta por superfícies permeáveis e impermeáveis, as quais drenam a um ponto comum de descarga. Tal ponto de descarga pode ser um nó da rede de drenagem ou outra sub-bacia.

O efluente do sistema é lançado em um ponto de um riacho (exutório), nomeado de E1. A modelagem começa com a criação dos diversos objetos no mapa da área de estudo do SWMM, para depois inserir as diferentes propriedades destes objetos (as Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3 fornecem os dados das propriedades dos objetos). Em seguida, simula-se a resposta da modelagem da rede, em termos de quantidade (vazões) e qualidade (concentrações) para um evento chuvoso de 76.2 mm, que cai durante 6 horas. Por último, realiza-se uma simulação contínua a partir de precipitações registradas ao longo de vários anos.

Tabela 2.1 - Características dos Nós

Nó	Cota (m)
E1	25.91
N1	29.26
N2	27.43
N3	28.34
N4	26.82

Tabela 2.2 - Características dos Coletores

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Coef. Manning, n
T1	122	305	0.01
T2	122	305	0.01
T3	122	305	0.01
T4	122	460	0.01

Tabela 2.3 - Características das Sub-bacias

Sub-bacia	Exutório	Área (ha)	Largura (m)	% Impermeável
S1	N1	1,62	122	50
S2	N2	1,62	122	50
S3	N3	1,62	122	25

## 2.2 Configuração do Projeto

A primeira tarefa consiste em criar um novo projeto no SWMM e assegurar que certas opções pré-definidas foram estabelecidas. O uso destas opções pré-definidas simplificará a tarefa posterior de entrada de dados.

1. Abrir o programa EPA SWMM, se ainda não o tiver iniciado, e selecionar **Arquivo >> Novo** na barra do Menu Principal para criar um novo projeto.
2. Selecionar a opção **Projeto >> Configurações Pré-Definidas** para abrir o formulário de opções pré-definidas do projeto.
3. Na aba correspondente aos Identificadores ID, devem-se inserir os prefixos desejados, como mostrado na Figura 2.2. Isto fará que o SWMM nomeie, automaticamente, todos os objetos novos com números consecutivos depois do prefixo correspondente especificado.
4. Na aba correspondente às Sub-bacias informar os valores apresentados nas Figuras 2.3.a e 2.3.b.
5. Na aba de opções Nós/Trechos informar os valores pré-definidos apresentados na Figura 2.4. Na caixa de Circular inserir os dados da Figura 2.5.
6. Por último, clique no botão OK para fixar estas opções e fechar o formulário. Caso queira que todos os novos projetos assumam estes valores pré-definidos, deve-se selecionar a caixa de seleção na parte inferior (Salvar valores pré-definidos para os novos projetos) antes de clicar no botão OK.

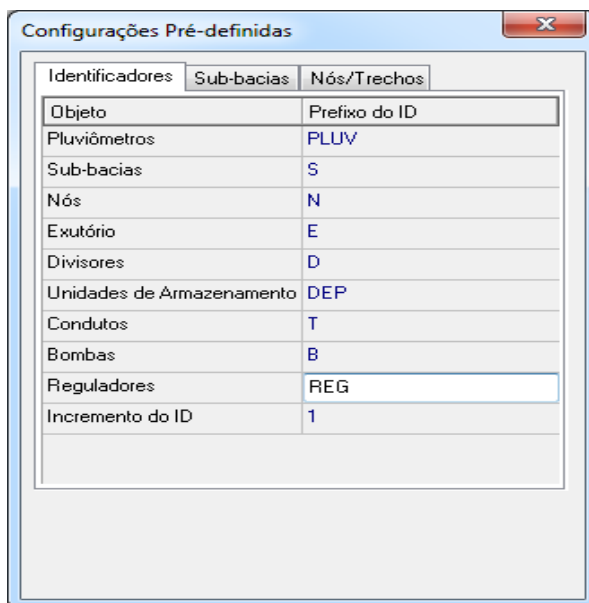


Figura 2.2 - Valores pré-definidos dos Identificadores ID do exemplo do tutorial

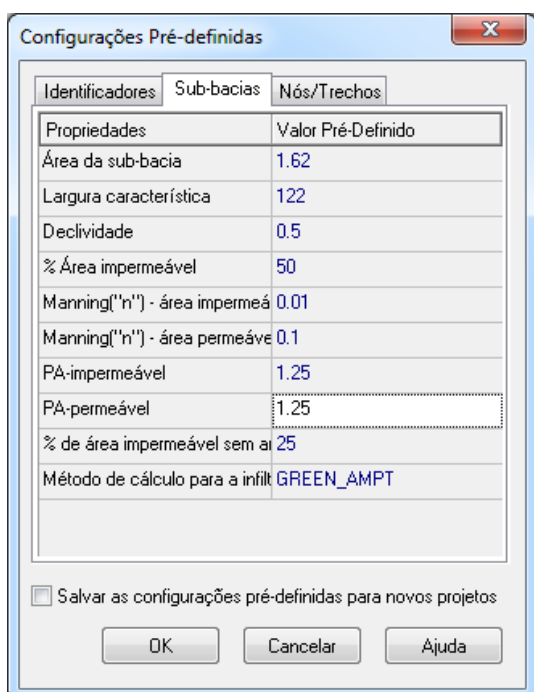


Figura 2.3.a - Valores das variáveis pré-definidas das sub-bacias

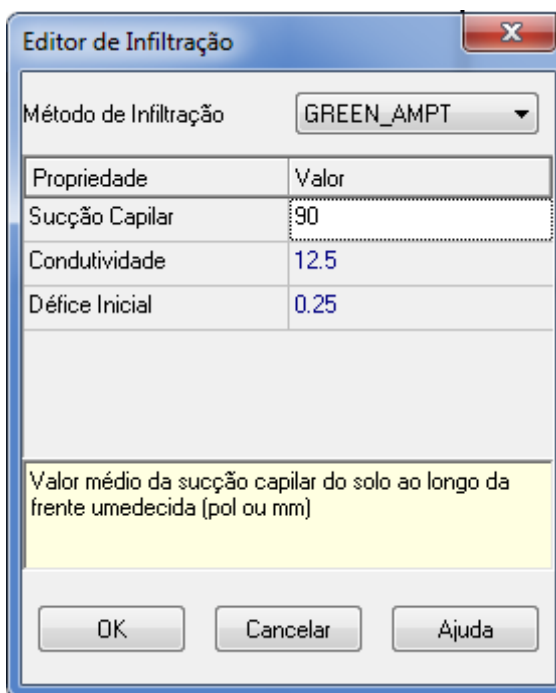


Figura 2.3.b - Detalhe das opções do Método de Infiltração empregado na modelagem

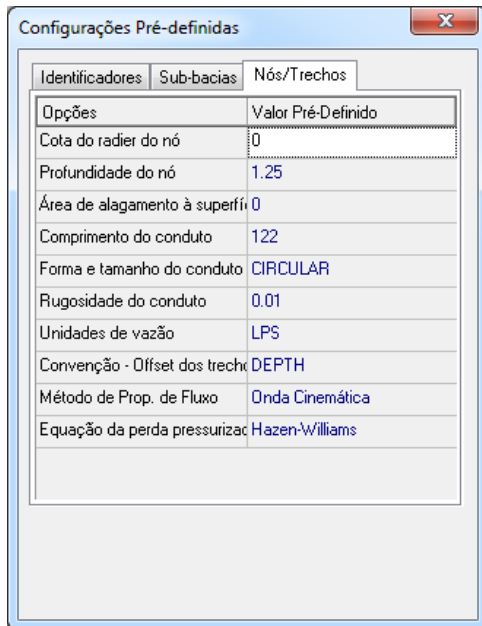


Figura 2.4 - Valores das variáveis pré-definidas dos nós e trechos

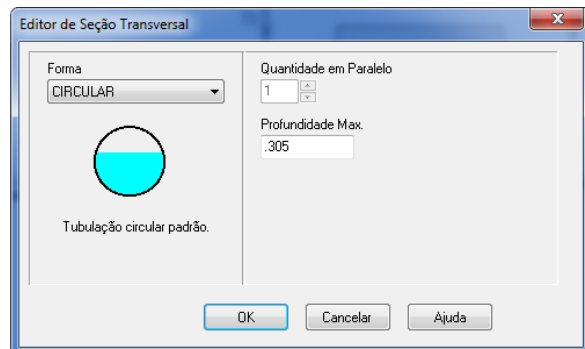


Figura 2.5 - Detalhe da geometria pré-definida dos condutos

Em seguida, fixam-se algumas opções de apresentação do mapa, de modo que sejam mostrados os identificadores com o nome dos elementos e os símbolos, conforme se inserem novos objetos ao mapa. Também é possível selecionar a opção de apresentar as setas de direção de fluxo nos trechos. Para isto:

1. Selecionar a opção **Ferramentas >> Opções do Mapa** para apresentar o formulário de opções do mapa (ver Figura 2.6).
2. Selecionar a página correspondente às sub-bacias e fixar o estilo de preenchimento em Diagonal e o tamanho do símbolo em 5.
3. Selecionar a aba dos nós e fixar o tamanho do nó em 5.
4. Selecionar a aba de Anotações e marcar as opções de apresentação dos identificadores de Pluviômetros, Sub-bacias, Nós e Trechos, deixando o restante sem marcar.
5. Finalmente, selecionar a página de Setas de Fluxo e fixar o estilo em seta preenchida e o tamanho em 7.
6. Clicar no botão OK para aceitar estas opções e fechar o formulário.

Antes de começar a inserir objetos no mapa, devem-se fixar as dimensões do mesmo. Para tanto:

1. Selecionar a opção **Visualizar >> Dimensões** para acessar o formulário de Dimensões do Mapa.
2. Para o desenvolvimento deste exemplo, podem permanecer as dimensões pré-definidas.

Finalmente, deve-se observar a barra do estado na parte inferior da tela principal do programa e verificar se a opção Auto Comprimento está desativada. Caso esteja ativada, deve-se, com o botão esquerdo do *mouse* sobre a barra do estado, selecionar a opção Auto Comprimento Desativado no menu correspondente.

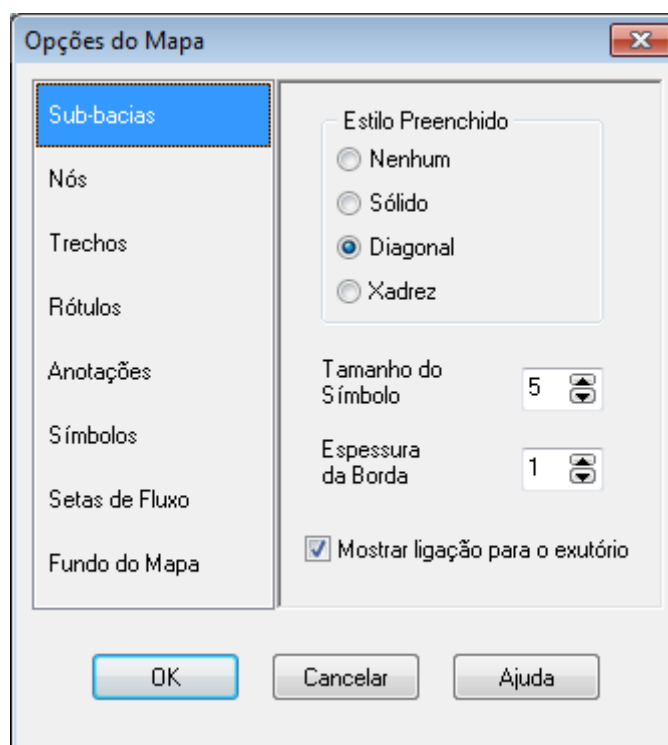



Figura 2.6 - Formulário de opções do Mapa

### 2.3 Desenho dos Objetos



Selecionadas as opções de configuração do projeto pode-se começar a inserir os componentes da rede no Mapa da Área de Estudo<sup>7</sup>. Em primeiro lugar, desenharam-se as sub-bacias. Para tanto, seguem-se os seguintes passos:

1. Selecionar, com o *mouse*, a opção  da Barra de Ferramentas Objeto. Caso esta barra não esteja visível deve-se selecionar a opção **Visualizar >> Barras de Ferramentas >> Objeto**. Nota-se que ao selecionar a opção de Sub-bacias o cursor do *mouse* se modifica e adquire o aspecto de um lápis.
2. Mover o *mouse* ao ponto do mapa onde se deseja inserir um dos cantos da sub-bacia **S1**; clicar no botão esquerdo do *mouse*.
3. Realizar o mesmo procedimento para os dois cantos seguintes e, finalmente, clicar no botão direito do *mouse* (ou clicar na tecla *Enter*) para fechar o retângulo que representa a sub-bacia **S1**. Em qualquer momento pode-se pressionar a tecla *Esc* caso queira cancelar a sub-bacia parcialmente desenhada e começar novamente o desenho da mesma. Não se constitui num problema que o aspecto e a posição da sub-bacia desenhada não sejam exatamente como desejados. Posteriormente, será mostrado como modificar a posição e o aspecto do desenho.
4. Repetir o processo para as sub-bacias **S2** e **S3**.

<sup>7</sup> O desenho dos objetos sobre o Mapa é uma das formas de criar objetos no projeto. Para criar projetos de grande envergadura é conveniente construir o arquivo de projeto do SWMM mediante a edição de um arquivo externo ao programa. Os arquivos de projetos do SWMM são arquivos de texto que descrevem cada objeto mediante um formato específico, tal como descrito no Apêndice D deste manual. Os dados necessários para construir tais arquivos podem vir de fontes diversas, tais como desenhos realizados mediante programas de CAD ou arquivos de SIG.

Criando os elementos, deve-se observar como os identificadores ID são nomeados de forma sequencial, conforme vão sendo inseridos no Mapa.

Em seguida inserem-se os Nós de Conexão e o Nó Exutório que constam na rede de drenagem.

1. Para começar a inserir nós, selecione, mediante o *mouse*, o botão  na Barra de Ferramentas Objeto.
2. Mover o *mouse* à posição onde se deve inserir o nó **N1** e clicar no botão esquerdo do *mouse*; realizar o mesmo procedimento para os nós **N2** a **N4**.
3. Para inserir um Nó Exutório (o ponto de descarga da rede de drenagem), selecione o botão  na Barra de Ferramentas Objeto, desloque o *mouse* ao ponto de localização do exutório no mapa e clique no botão esquerdo do *mouse*. Nota-se que o nó exutório recebe, de forma automática, o nome **E1**.

A essa altura, o mapa da área de trabalho do programa deve possuir um aspecto como o mostrado na Figura 2.7.

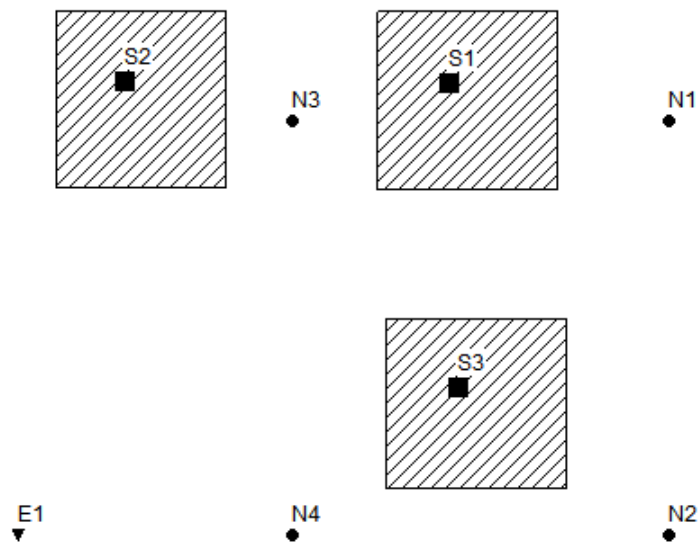



Figura 2.7 - Sub-bacias e nós do exemplo

Em seguida, inserem-se os condutos (trechos) do sistema de drenagem que conectam entre si os diferentes nós do sistema (antes de criar qualquer trecho é necessário haver criados previamente os nós extremos do mesmo). Começa-se com o trecho **T1** que conecta os nós **N1** e **N2**.


1. Selecionar o botão  na Barra de Ferramenta de Objetos. O cursor do *mouse* muda de aspecto representando uma cruz.
2. Clicar com o *mouse* sobre o nó **N1**. Observe como o cursor do *mouse* se modifica e adquire o aspecto de um lápis.
3. Mover o *mouse* para o nó **N2** (note que, enquanto o *mouse* se desloca, desenha-se uma linha representando o futuro coletor que está sendo desenhado) e clicar no botão esquerdo do *mouse* para criar o trecho. Em qualquer momento, pode-se cancelar esta operação, mediante o botão direito do *mouse* ou através da tecla Esc.

Mesmo que todos os condutos deste exemplo sejam representados por linhas retas, é possível desenhar linhas com curvas ou vértices. Para isto, inserem-se os diferentes vértices




que definem o traçado da condução com o botão esquerdo do *mouse* antes de selecionar o nó final do conduto.



Para terminar de construir o esquema deste exemplo é necessário inserir o Pluviômetro.

1. Selecionar o botão de Pluviômetro  na barra de ferramenta de objetos.
2. Deslocar o *mouse* sobre o Mapa da Área de Estudo até o lugar onde se deseja localizar o pluviômetro e, posteriormente, acionar o botão esquerdo do *mouse*.

Neste momento, dispõe-se de um desenho completo do exemplo em estudo. O programa deve apresentar no seu mapa um aspecto como o mostrado na Figura 2.1. Caso o pluviômetro, ou qualquer dos nós, ou sub-bacias, se encontrem fora de seu lugar, eles podem ser deslocados mediante os seguintes passos:

1. Caso o botão  não se encontre pressionado deve-se selecioná-lo, com o botão esquerdo do *mouse*, para colocar o mapa no modo de Seleção de Objetos.
2. Selecionar com o botão esquerdo do *mouse* o objeto que se deseja deslocar.
3. Arrastar o objeto enquanto mantém-se pressionado o botão esquerdo do *mouse* até sua nova posição.


Para redefinir o aspecto do contorno de uma sub-bacia:

1. Com o mapa no modo de Seleção de Objetos, selecionar, com o *mouse*, o centroide da Sub-bacia (apresentado como um quadrado de cor preta no interior da mesma).
2. Selecionar o botão  na Barra de Ferramentas do Mapa para colocar o mapa no modo de Seleção de Vértices.
3. Selecionar um dos vértices do contorno exterior da sub-bacia clicando sobre o mesmo com o botão esquerdo do *mouse*. Observe como o vértice selecionado estará apresentado como um quadrado preenchido.
4. Deslocar o vértice para sua nova posição mantendo pressionado o botão esquerdo do *mouse* em seu deslocamento.
5. Caso seja necessário, podem-se inserir ou eliminar vértices do contorno exterior da sub-bacia. Para isto basta selecionar a opção adequada no submenu correspondente que aparece ao clicar o botão direito do *mouse*.
6. Quando terminar a edição do contorno da sub-bacia, deve-se selecionar o botão  para regressar ao modo de Seleção de Objetos.

Caso queira modificar o aspecto de um dos trechos deve-se proceder de forma similar aos passos antes descritos.

## 2.4 Definindo as Propriedades dos Objetos

Ao passo em que os objetos vão sendo adicionados ao SWMM, o programa lhes atribui uma série de propriedades e valores pré-definidos. Para modificar o valor de algumas destas propriedades em um dos objetos, deve-se selecionar o Editor de Propriedades do correspondente objeto (ver Figura 2.8), existindo diferentes maneiras para realizar isto. Caso o Editor de Propriedades esteja visível, é necessário apenas selecionar, com o *mouse*, o objeto a editar ou então selecioná-lo na página de Painel de Navegação da janela principal do programa. Caso o Editor não esteja visível, ele poderá aparecer mediante uma das seguintes ações:

- > Clicando duas vezes com o mouse sobre um dos objetos do mapa.
- > Clicando com o botão direito do mouse e selecionando a opção Propriedades no submenu que aparece; ou
- > Selecionando o objeto na página de Dados do Painel de Navegação e, então, o botão .

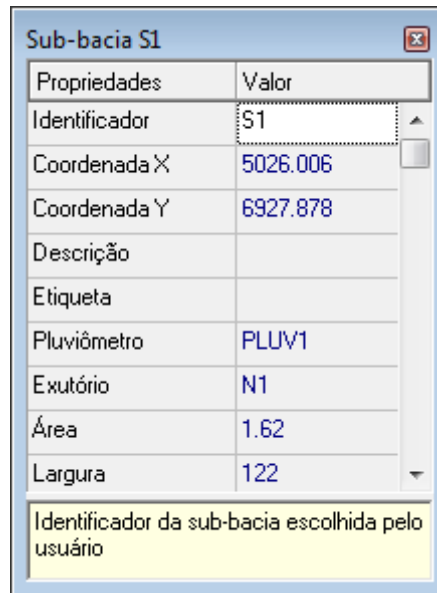



Figura 2.8 - Janela do Editor de Propriedades

Sempre que o Editor de Propriedades for aberto, pode-se clicar F1 para obter uma descrição mais detalhada das suas propriedades.

As duas propriedades das sub-bacias do exemplo que devem ser definidas são o posto pluviométrico com influência sobre a área da sub-bacia e o nó do sistema de drenagem onde ela deságua. Considerando que todas as sub-bacias deste exemplo utilizam o mesmo posto pluviométrico, **PLUV1**, pode-se aplicar um atalho para atribuir esta propriedade a todas as sub-bacias ao mesmo tempo:

1. Selecionar a opção **Editar >> Selecionar Tudo** no menu principal da aplicação.
2. Selecionar então a opção **Editar >> Editar Grupo** para fazer com que apareça a janela de diálogo do Editor de Grupos de Elementos, como mostra a Figura 2.9.
3. Selecionar a opção Sub-bacia como o tipo do objeto que se pretende editar, Pluviômetro como a propriedade a editar e digitar **PLUV1** como o novo valor a introduzir.
4. Selecionar, com o *mouse*, o botão OK para modificar o Pluviômetro de todas as sub-bacias. Aparecerá uma mensagem solicitando a confirmação de modificação dos dados das três sub-bacias. Em seguida, selecionar a opção “Não” quando perguntado se deseja continuar editando o grupo de elementos.

Considerando que o nó exutório de cada uma das sub-bacias é diferente, ele deve ser inserido individualmente de acordo com o seguinte procedimento:

1. Clicar duas vezes com o *mouse* na sub-bacia **S1** ou então selecioná-la na janela de Dados do Painel de Navegação e pressionar posteriormente o botão  para abrir o Editor de Propriedades.

2. Teclar **N1** no campo Exutório e pressionar *Enter*. Note como se desenha uma linha descontínua entre o centroide da sub-bacia e o nó indicado.
3. Selecionar a sub-bacia **S2** e introduzir como exutório o nó **N2**.
4. Selecionar a sub-bacia **S3** e introduzir como exutório o nó **N3**.

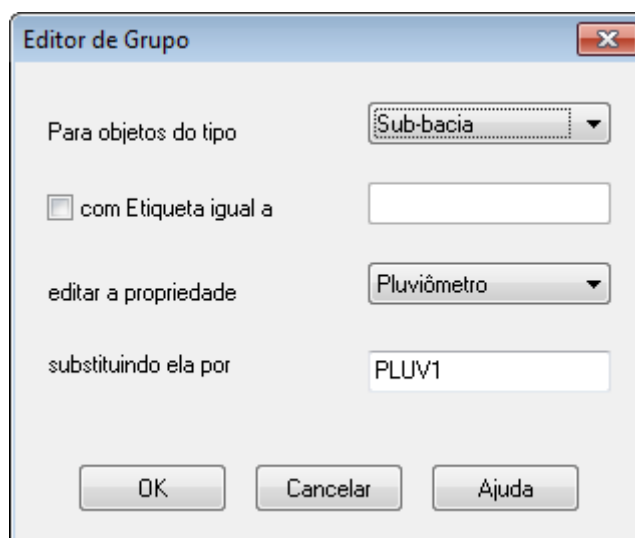


Figura 2.9 - Janela de diálogo do Editor de Grupos

Neste exemplo, pretende-se introduzir também o aspecto de que a área **S3** está menos desenvolvida que o restante das áreas. Para isto, selecionar a sub-bacia **S3** e introduzir no Editor de Propriedades um valor da porcentagem de solo impermeável igual a 25.

Tanto os nós de conexão como o nó exutório do sistema de drenagem necessitam de uma cota de radier. Para tanto, como se procedeu com as sub-bacias, selecionam-se, individualmente, cada um destes nós e se inserem, nos respectivos Editores de Propriedades<sup>8</sup>, os valores de cota de radier que são mostrados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4

Nó	Cota (m)
E1	25.91
N1	29.26
N2	27.43
N3	28.34
N4	26.82

Somente um dos condutos do exemplo possui um valor diferente do pré-definido no programa. Trata-se do conduto **T4**, a tubulação de saída ao exutório, cujo diâmetro deve ser 0.46 m em vez de 0.305 m dos demais. Para modificar este diâmetro selecione o conduto **T4** e, no respectivo Editor de Propriedades, introduza o valor 0.46 no campo Profundidade Max.


Para estabelecer, no projeto em questão, uma determinada chuva, como dado de entrada, é necessário especificar as propriedades do Pluviômetro. Para isto selecionar **PLUV1** no Editor de Propriedades e selecionar as seguintes propriedades:

- > Formato de Precipitação: INTENSITY.
- > Intervalo de Precipitação: 1:00.
- > Origem de Dados: TIMESERIES.
- > Nome da Série: ST1.

Como indicado anteriormente, pretende-se simular a resposta da modelagem da área estudada a uma chuva de projeto de 6 horas de duração e 76.2 mm de altura. Para isto, a

<sup>8</sup> Uma forma alternativa de ir movendo-se de um elemento ao seguinte (ou ao anterior) dentro do Editor de Propriedades é mediante as teclas Avançar Página e Retornar Página.

série temporal denominada **ST1** conterá as intensidades de chuva em cada um dos intervalos horários definidos para esta chuva. Por isto, é necessário criar uma série temporal e preencher seus dados. Para tanto:

1. Na janela de dados do Painel de Navegação, selecionar o tipo de objeto Séries Temporais.
2. Clicar, com o mouse sobre o botão  do Visor, para abrir o Editor de Séries Temporais.
3. Introduzir ST1 no campo Nome da Série Temporal (ver Figura 2.10).
4. Introduzir os valores mostrados na Figura 2.10 nas colunas de Tempo e Valor da tabela de dados. Observe que a coluna Data deve ser mantida em branco<sup>9</sup>.
5. É possível visualizar o gráfico dos valores introduzidos com o botão Visualizar. Para aceitar os valores da série de dados clique no botão **OK**.

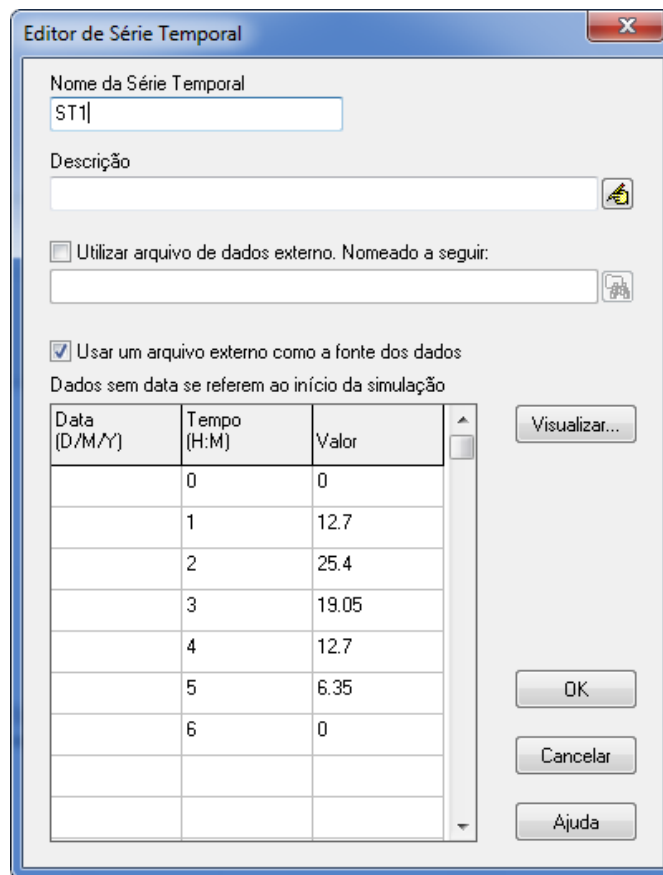



Figura 2.10 - Janela de diálogo do Editor de Séries Temporais

Uma vez completado os dados do projeto, recomenda-se introduzir um título para o mesmo, assim como, salvar o trabalho realizado até então. Para isto:

1. Selecionar a categoria Títulos/Anotações na janela de dados do Painel de Navegação e pressionar o botão .

<sup>9</sup> Ao deixar em branco a coluna de Data, o SWMM interpretará que os valores de tempo são em horas e correspondem ao tempo indicado desde o início da simulação. Caso contrário, a série de dados temporais requer que o usuário introduza os valores da data e hora.

2. Na janela de diálogo Títulos/Anotações que aparece (ver Figura 2.11), introduzir o texto “Exemplo do Tutorial” como título do projeto e posteriormente clicar no botão **OK** para fechar a janela de diálogo.
3. Da opção **Arquivo** do menu principal, acessar a opção **Salvar Como**.
4. Na janela de diálogo que aparece, selecionar a pasta e o nome do arquivo onde se deseja salvar os dados. Recomenda-se denominar o arquivo **Tutorial.inp**. No caso de não inserir nenhuma extensão ao arquivo o programa acrescentará automaticamente a extensão **inp**.
5. Pressionar o botão **Salvar** para armazenar a informação do projeto atual (corrente) no arquivo selecionado.

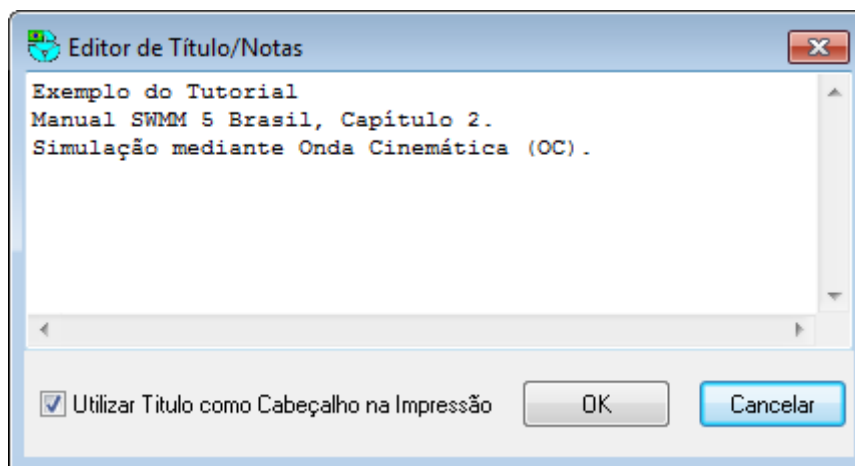


Figura 2.11 - Janela de diálogo do Editor de Títulos e Notas

Os dados do projeto são armazenados em um arquivo no formato texto. É possível visualizar este arquivo com a opção **Projeto >> Detalhes** do menu principal do programa. Para abrir o projeto, posteriormente, pode-se selecionar o comando **Abrir** desde o menu **Arquivo**.

## 2.5 Execução de uma Simulação

### 2.5.1 Definição das Opções de Simulação

Antes de analisar o comportamento deste exemplo é necessário estabelecer algumas opções para determinar em que condições a análise será realizada. Para tanto:

1. Selecionar a categoria **Opções** no Painel de Navegação e pressionar o botão
2. Na página Geral da janela de diálogo das Opções de Simulação que aparece (ver Figura 2.12.a), selecionar a opção Onda Cinemática como modelo de propagação do fluxo. O método de infiltração empregado será o de Green-Ampt. A opção Permitir Alagamento não deve estar selecionada.
3. Na página Datas do formulário (ver Figura 2.12.b), especificar como tempo de fim de análise as **12:00:00**<sup>10</sup>.
4. Na página de Passo de Tempo (ver Figura 2.12.c), especificar o intervalo de tempo (propagação de fluxo) de análise de **60** segundos.

<sup>10</sup>Isto é muito importante. A condição pré-definida do SWMM, ao se criar um novo projeto, põe o mesmo instante, tanto para o começo como para a finalização da simulação. Isto conduz ao erro 191.

5. Selecionar o botão OK para fechar o formulário de edição das Opções de Simulação.

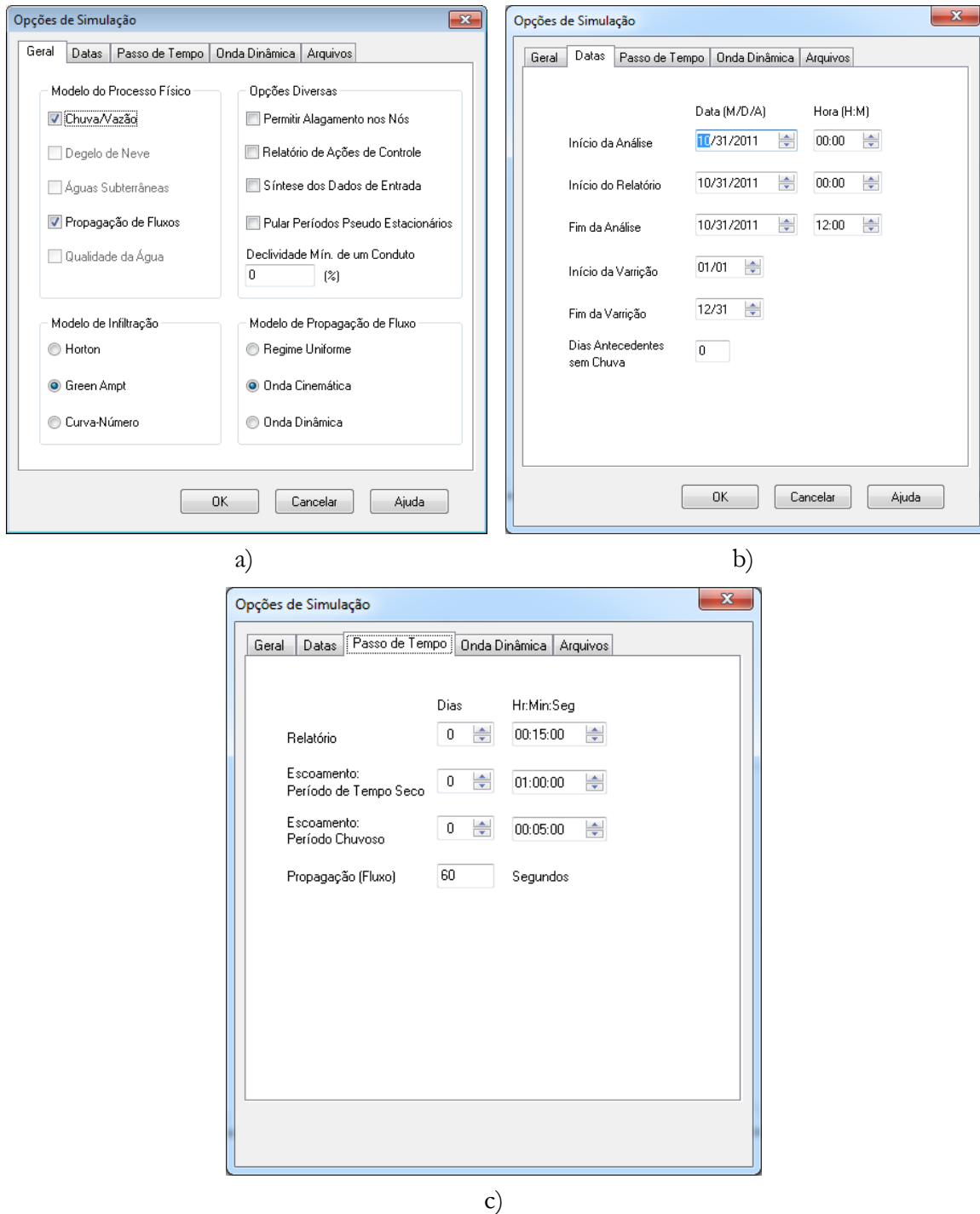



Figura 2.12 - Janela de diálogo para editar as Opções de Simulação

## 2.5.2 Executando a Simulação

Depois da definição dos dados do projeto a simulação pode ser realizada. Para começar com a simulação deve-se selecionar a opção **Projeto >> Executar Simulação** (ou clicar no botão ). Caso ocorra algum tipo de problema durante a simulação, aparecerá um Relatório do Estado descrevendo os erros e advertências ocorridas. Após a simulação ter

se bem sucedida, existirão muitas formas de visualizar seus resultados. Em seguida, mostram-se algumas destas.

### 2.5.3 Visualizando o Relatório do Estado

O Relatório do Estado contém um resumo das informações relativas à simulação. Para visualizar este relatório, selecionar a opção **Relatório >> Estado**. A Figura 2.13 mostra uma parte do relatório para o exemplo executado. O relatório completo apresenta os seguintes aspectos:

- > A qualidade da simulação foi suficientemente boa, com erros desprezíveis na equação do balanço de massa (continuidade) para o escoamento e para a propagação do fluxo (-0.05% e -0.064%, respectivamente), considerando que os dados de entrada foram informados corretamente.
- > Dos 76.2 mm de precipitação que caem sobre a área estudada 44.41 mm se infiltram no terreno e o resto se converte em escoamento (coeficiente de escoamento médio de 41.7%).
- > A tabela da Síntese de Inundação no Nó, não mostrada na Figura 2.13, indica que houve uma inundação interna no sistema no nó **N2**<sup>11</sup>.
- > A tabela de Síntese de Sobrecarga nos Conduto, não mostrada na Figura 2.13, mostra que o conduto **T2**, imediatamente a jusante do nó **N2**, entra em carga e, portanto, aparenta estar ligeiramente sub-dimensionado.

### 2.5.4 Visualização dos Resultados no Mapa

Existe a possibilidade de visualização sobre o mapa da área estudada, mediante uma escala de cores, dos resultados da simulação e de alguns parâmetros de projeto tais como a área da sub-bacia, a cota de fundo dos nós, a profundidade máxima de um trecho etc. Para visualizar uma determinada variável:

1. Selecionar a aba Mapa no Painel de Navegação.
2. Selecionar as variáveis a visualizar para as Sub-bacias, Nós e Trechos, a partir das caixas de combinação que aparecem sob os nomes Sub-bacias, Nós e Trechos. A Figura 2.14 apresenta a seleção para representar o escoamento da sub-bacia, a profundidade nos nós e a vazão dos trechos.
3. A escala de cores de qualquer das variáveis é representada por uma legenda no Mapa. Para visualizar ou não a legenda sobre o mapa deve-se selecionar a opção **Visualizar >> Legendas**.
4. Para deslocar a legenda a outra posição, ela deve ser arrastada com o botão esquerdo do *mouse* pressionado e soltá-lo quando a legenda se encontrar em sua posição definitiva.

---

<sup>11</sup>No SWMM, a inundação ocorre quando o nível d'água no nó excede o valor máximo definido pela profundidade do nó. Normalmente este excesso do nível d'água é uma perda no sistema. Também existe a opção de que esta água se acumule na parte superior do nó podendo reentrar no sistema de drenagem, caso a capacidade do sistema permita. Esta última alternativa se decide mediante a opção Permitir Alagamento no Editor de Opções da Simulação.



```

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)
Tradução para Português (Brasil) - LENHS UFPE - 2011
Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento
-----

*****
NOTA: O Resumo estatístico mostrado neste relatório é baseado
em resultados encontrados a cada passo de tempo de processamento,
não apenas para resultados para cada passo de tempo do relatório.
*****


*****
Opções de Análise
*****
Unidades de Vazão..... LPS
Processos Modelados:
  Chuva/Vazão ..... SIM
  Degelo da Neve ..... NÃO
  Águas Subterrâneas ..... NÃO
  Propagação de Fluxo .... SIM
  Permitir Alagamento ... NÃO
  Qualidade da Água ..... NÃO
Método de Infiltração ..... GREEN_AMPT
Modelo de Propagação de Fluxo ... KINWAVE
Data de Início ..... OCT-31-2011 00:00:00
Data Final ..... OCT-31-2011 12:00:00
Dias Antecedentes sem Chuva ..... 0.0
Passo de Tempo do Relatório ..... 00:15:00
Passo de Tempo do Período Chuvoso 00:05:00
Passo de Tempo do Período Seco ...01:00:00
Passo de Tempo de Propagação de Fluxo ... 60.00 sec

*****
Balço Hídrico
*****
Volume           Altura
hectare*m       mm
-----
Precipitação Total ..... 0.370 76.200
Perdas por Evaporação ..... 0.000 0.000
Perdas por Infiltração ..... 0.216 44.406
Escoamento Superficial ..... 0.153 31.438
Armazenamento Superficial Final 0.002 0.396
Erro de Continuidade (%) ..... -0.052

```

Figura 2.13 - Fragmento do relatório da simulação para a modelagem realizada

- Para alterar a escala de cores e os valores limites de cada um dos intervalos, seleciona-se a opção **Visualizar >> Legendas >> Modificar** e depois a classe do objeto correspondente à legenda que se deseja modificar. Também pode-se acessar o mesmo formulário acionando o botão direito do *mouse* sobre a legenda do mapa. Para visualizar os valores numéricos das variáveis representadas no mapa, selecionar **Visualizar >> Opções do Mapa** e então selecionar a página de Anotações do formulário de opções do Mapa. Devem utilizar-se as caixas de seleção de Sub-bacias, Nós e Trechos para especificar o tipo de identificador a acrescentar.

6. Os controles de Dia, Hora e Tempo Transcorrido do Painel de Navegação podem ser utilizados para visualizar os resultados apresentados em diferentes instantes de tempo. A Figura 2.14 representa os resultados às 5 horas e 45 minutos da simulação.
7. Para realizar uma animação da representação do mapa ao longo do tempo, selecionar **Visualizar >> Barras de Ferramentas >> Animação** (ver Figura 2.15) e utilizar os controles da Barra de animação para controlá-la. Por exemplo, pressionando o botão  obtém-se uma representação animada ao longo do tempo dos resultados da simulação.

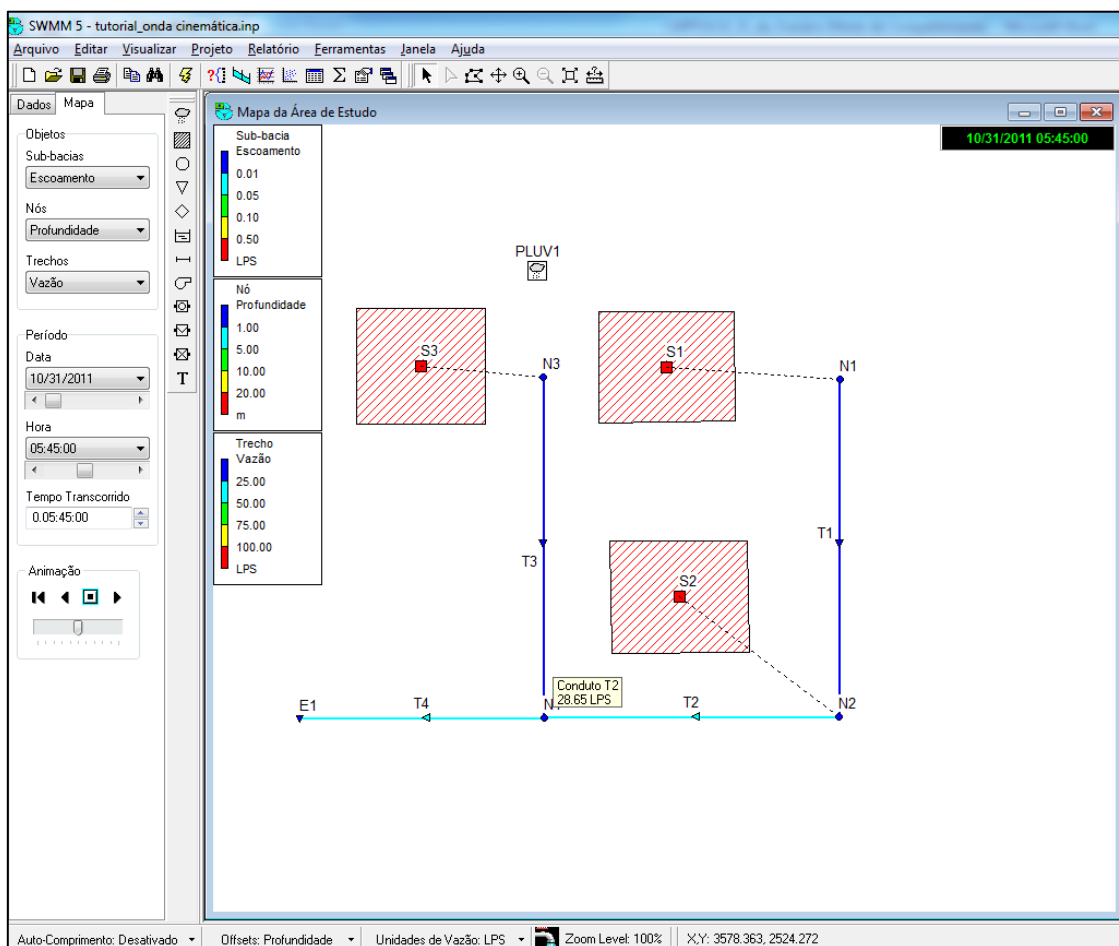



Figura 2.14 - Exemplo de visualização da escala de cores com os resultados sobre o mapa da área estudada




Figura 2.15 - Barra de Ferramentas da animação

## 2.5.5 Gráficos de Séries Temporais

Para gerar um gráfico de séries temporais dos resultados da simulação:

1. Selecionar **Relatório >> Gráfico >> Série Temporal** ou simplesmente pressionar o botão  da Barra de Ferramentas e posteriormente selecionar **Série Temporal** no correspondente submenu.
2. Em seguida aparecerá o formulário de Gráfico de Série Temporal. Este formulário é empregado para selecionar os objetos e variáveis a serem representadas.

No exemplo desenvolvido, a janela de diálogo de Gráfico de Série Temporal pode ser utilizada para representar a vazão dos condutos **T1** e **T2** mediante o procedimento seguinte (referido à Figura 2.16):

1. Selecionar **Trechos** como tipo do objeto a representar.
2. Selecionar **Vazão** como variável a representar.
3. Selecionar com o *mouse* o conduto **T1**, diretamente sobre o mapa, ou no Painel de Navegação e, posteriormente, pressionar o botão  na janela de diálogo para inserir o conduto à lista de trechos a representar. Realizar o mesmo procedimento com o conduto **T2**.
4. Pressionar **OK** para gerar o gráfico, que terá um aspecto similar ao mostrado na Figura 2.17.

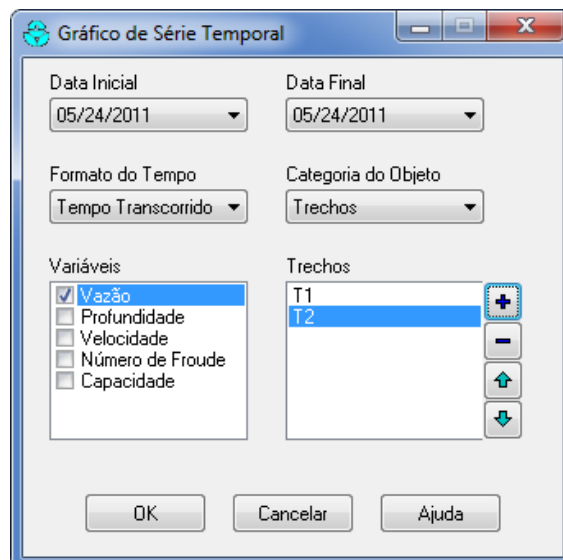



Figura 2.16 - Janela de diálogo para o Gráfico de Séries Temporais

Uma vez criado o gráfico é possível:

- > Personalizar o aspecto do gráfico. Para isto deve-se selecionar **Relatório >> Personalizar** ou acionar o botão direito do *mouse* sobre o gráfico.
- > Copiar o gráfico na área de transferência e colá-lo posteriormente noutra aplicação. Para isto, seleciona-se a opção **Editar >> Copiar Para** ou então clicar no botão  da Barra de Ferramentas Padrão.
- > Imprimir o gráfico. Para tanto selecionar **Arquivo >> Imprimir** ou **Arquivo >> Visualizar Impressão** (utilizar a opção **Arquivo >> Configuração de Página** para estabelecer as margens, orientação etc.).

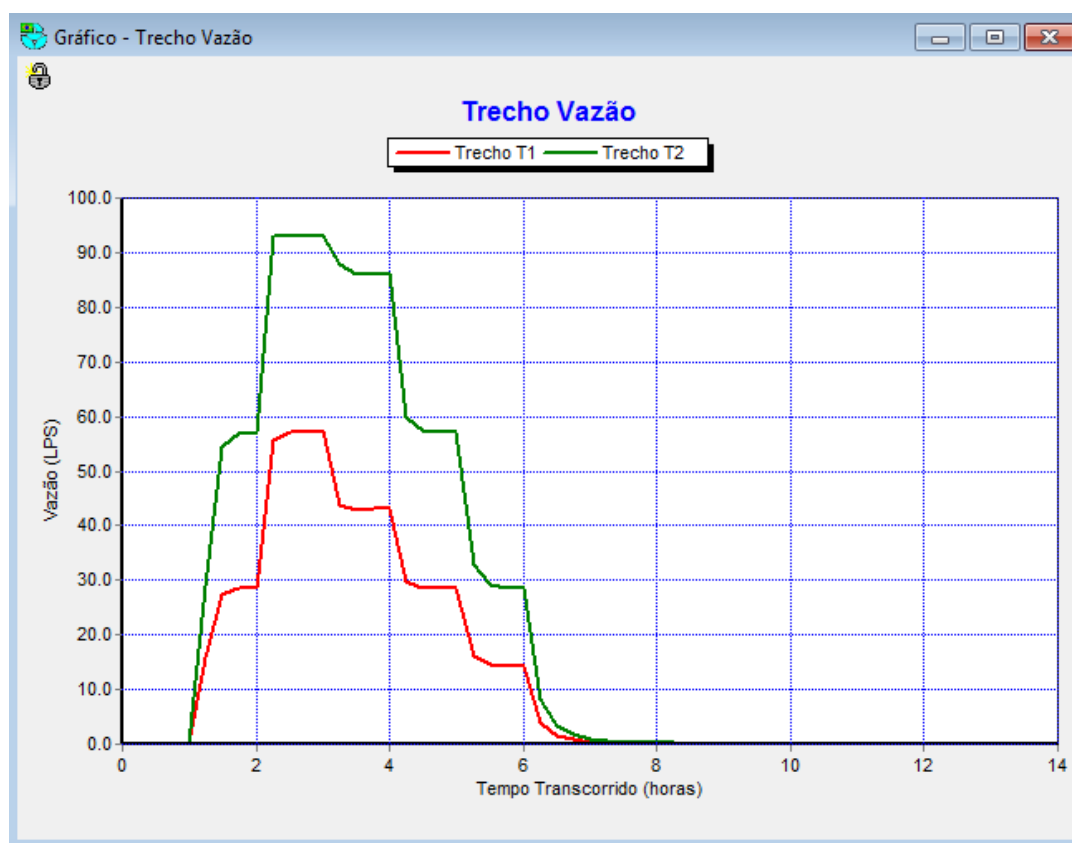


Figura 2.17 - Janela de diálogo para o Gráfico de Série Temporal

## 2.5.6 Gráficos de Perfis Longitudinais

O SWMM pode gerar gráficos que apresentam perfis longitudinais, mostrando como evolui o nível de água ao longo de um determinado caminho entre nós e trechos conectados entre si. Em seguida, indica-se como se deve criar um gráfico deste tipo que conecte o nó de conexão **N1** e o Nó Exutório **E1** do exemplo estudado:

1. Selecionar a opção **Relatório >> Gráfico >> Perfil Longitudinal** ou simplesmente pressionar sobre o botão da Barra de Ferramentas Padrão e logo selecionar Perfil Longitudinal a partir do menu que aparece.
2. Na janela de diálogo dos Gráficos de Perfis introduzir **N1** no campo **Nó Inicial**, tal como mostra a Figura 2.18. Também pode-se realizar o mesmo procedimento, selecionando o nó diretamente no mapa ou através do Painel de Navegação e posteriormente pressionando o botão junto ao campo que se deseja preencher.
3. Realizar o mesmo procedimento para o nó exutório **E1** no campo correspondente ao **Nó Final**.
4. Selecionar o botão **Encontrar Caminho**. Aparece então uma lista ordenada dos trechos que compõem o percurso entre o Nó Inicial e o Nó Final. Caso se deseje, os trechos que definem o percurso podem ser modificados.
5. Clicar no botão **OK** para criar o gráfico que mostra o perfil do nível de água ao longo do caminho, de acordo com os resultados da simulação realizada. Os resultados apresentados são os que correspondem ao instante de tempo selecionado no Painel de Navegação (ver Figura 2.19).

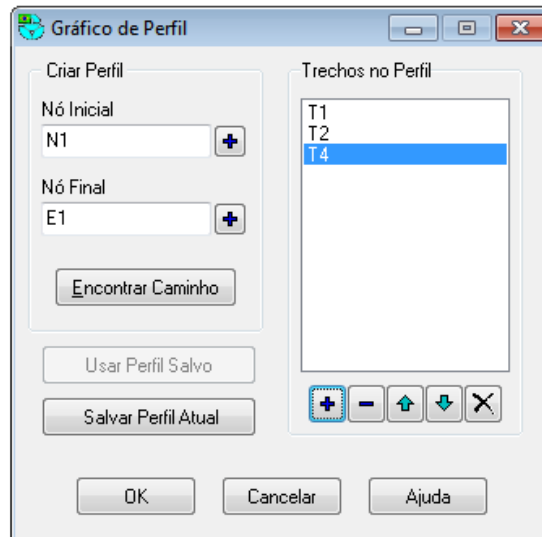


Figura 2.18 - Janela de diálogo para os Gráficos de Perfil Longitudinal

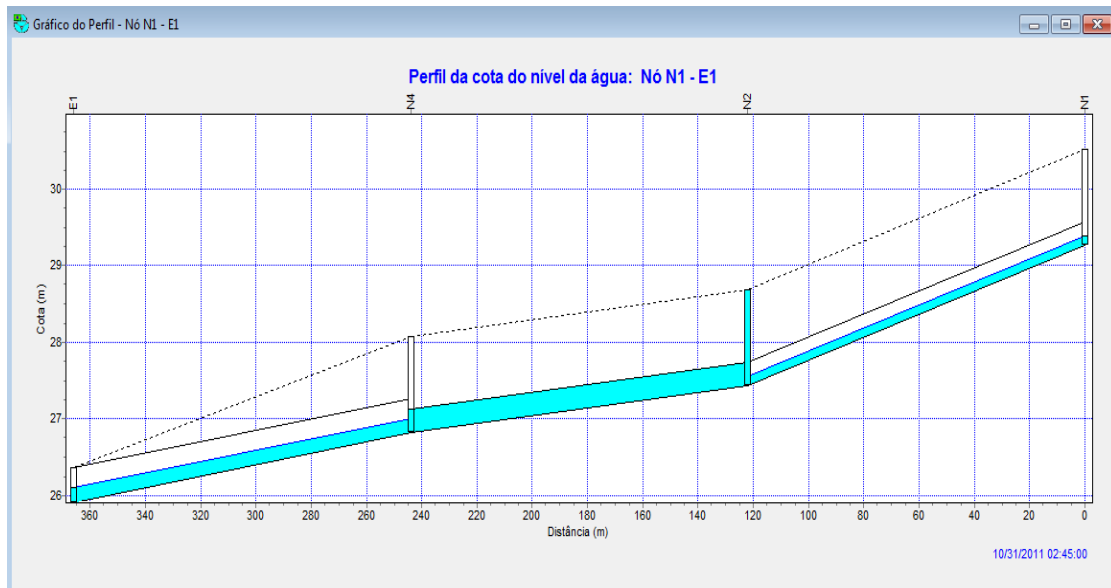


Figura 2.19 - Exemplo de um Gráfico de Perfil Longitudinal

À medida que se modifica o passo de tempo, através do Visualizador de Mapa ou com o controle da animação, atualiza-se o nível de água no gráfico. Note como o nó **N2** apresenta níveis de inundação entre as 2h00min e as 3h15min do evento de chuva selecionado<sup>12</sup>. A aparência do gráfico pode ser personalizada, copiada e impressa, mediante o mesmo procedimento descrito para os gráficos de séries temporais.

### 2.5.7 Realização de uma Análise com o Modelo Completo da Onda Dinâmica



Na análise realizada nos itens anteriores foi selecionado o método da Onda Cinemática para a propagação dos fluxos na rede de drenagem. Trata-se de um método eficiente, mas

<sup>12</sup>Na tabela de Resumo de Profundidades nos Nós do Relatório do Estado é possível obter informação mais precisa deste aspecto. Neste caso, tal tabela informa que o nó N2 permanece 65 minutos em condições de inundação. Este tempo se amplia aparentemente aos 80 minutos devido a que o intervalo de apresentação de resultados é de 15 minutos.

simplificado, que não pode representar o comportamento de fenômenos tais como: remansos, fluxo sob pressão, fluxo inverso e distribuições não ramificadas do sistema. O programa SWMM inclui, também, como método de propagação de fluxo, o método da Onda Dinâmica, que permite representar todos estes tipos de condições. Este procedimento de cálculo requer, no entanto, mais tempo de processamento, pois os incrementos do passo de tempo requeridos, para manter a estabilidade do sistema, são menores.

Muitos dos efeitos descritos anteriormente não são aplicados neste exemplo. No entanto, dispõe-se de um trecho, **T2**, que se encontra completamente cheio e gera algum tipo de alagamento no nó a montante, **N2**. Poderia ocorrer que este trecho se encontrara pressurizado e pudera conduzir mais vazão do que a calculada com o método da Onda Cinemática. Por isto, analisa-se, em seguida, o que ocorre quando se emprega o método da Onda Dinâmica.

Para realizar a análise através do método da Onda Dinâmica:

1. Selecionar a categoria Opções no Painel de Navegação e clicar no botão .
2. Aparecerá a caixa de diálogo de Opções de Simulação (ver Figura 2.20.a). Sobre esta caixa de diálogo deve-se selecionar, como método de propagação de fluxo, o método da Onda Dinâmica.
3. Na aba de Onda Dinâmica da janela de diálogo, empregar as opções mostradas na Figura 2.20.b<sup>13</sup>.
4. Clicar sobre o botão **OK** para fechar o formulário e selecionar **Projeto >> Realizar Simulação** (ou clicar sobre o botão ) para realizar novamente a análise.

Ao verificar o Relatório do Estado desta análise, é possível detectar que a vazão transportada pelo conduto **T2** aumenta de 99.65 l/s (para o modelo da Onda Cinemática) para 114.88 l/s (para o modelo da Onda Dinâmica) e observa-se, também, que não existe nenhum nó onde se produza alagamento.

## 2.6 Simulação da Qualidade da água

Nesta parte, faz-se uma análise da qualidade da água no exemplo proposto. O SWMM tem a capacidade de analisar a acumulação, a lixiviação, o transporte e o tratamento de qualquer número de componentes da qualidade da água. Os passos necessários para realizar uma análise deste tipo são:

1. Identificar os agentes poluentes a analisar.
2. Definir as categorias de usos do solo que geram estes poluentes.
3. Selecionar os parâmetros das funções de acumulação e lixiviação que determinam a qualidade do escoamento, para cada tipo de uso do solo.
4. Atribuir os diferentes tipos de usos do solo em cada uma das sub-bacias.

---

<sup>13</sup>Normalmente, quando se realiza uma simulação pelo método da Onda Dinâmica, pode-se querer reduzir o passo de tempo de cálculo na página de Passo de Tempo. No exemplo desenvolvido neste manual se continuará empregando 60 segundos como passo de tempo de cálculo.

- Definir as funções de amortecimento do agente poluente naqueles nós do sistema de drenagem que possuam capacidade de tratamento.

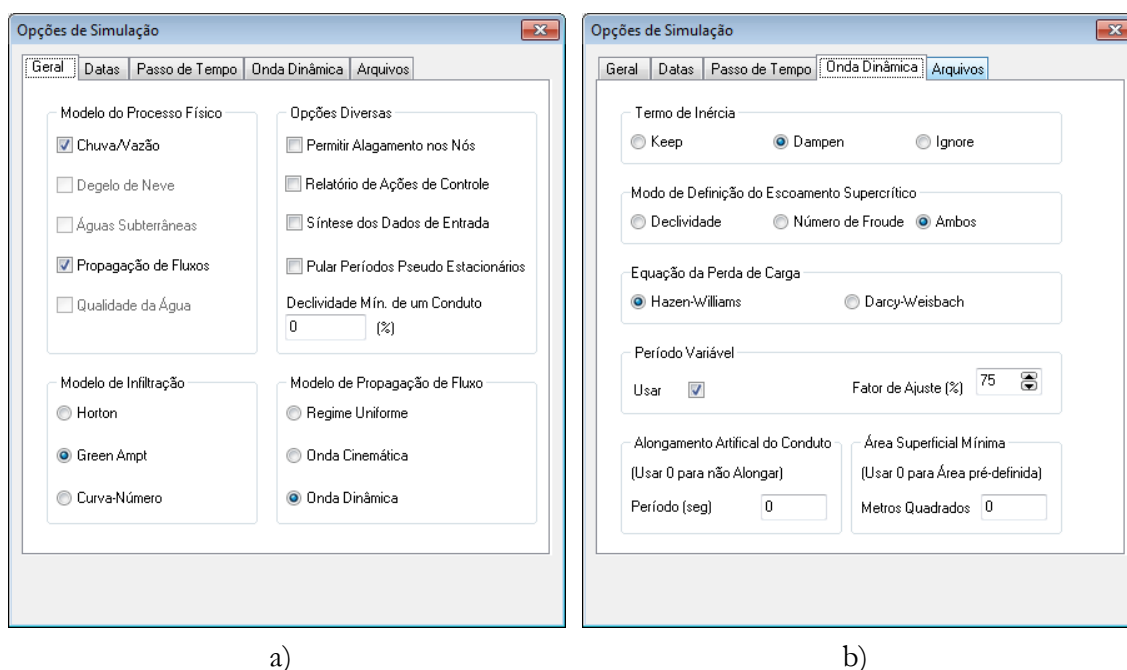




Figura 2.20 - Opções de simulação do método da Onda Dinâmica

No exemplo desenvolvido<sup>14</sup> neste tutorial serão aplicados todos os passos descritos anteriormente, com exceção do passo 5.

No exemplo definem-se dois tipos de agentes poluentes: a quantidade total de sólidos em suspensão (TSS), em mg/L, e a concentração de chumbo (Pb), em µg/L. Além disso, se especificará que a concentração de chumbo no escoamento é uma proporção fixa de 0.25 da concentração TSS. Para inserir estes agentes poluentes no exemplo:

- No Painel de Navegação selecionar a categoria **Qualidade** e, posteriormente, a subcategoria **Poluentes**.
- Clicar sobre o botão  para inserir um novo agente poluente ao projeto.
- No Editor de Poluentes que aparece, ver Figura 2.21, introduzir **TSS** como nome do poluente e deixar o restante com os valores pré-definidos pelo programa.
- Clicar no botão **OK** para fechar o editor.
- Clicar novamente no botão  do Painel de Navegação para inserir outro poluente.
- No Editor de Poluentes, introduzir **Pb** como nome do poluente, selecionar **µg/L** (apresentado como **UG/L**) para as unidades da concentração, introduzir **TSS** como nome do copoluento e introduzir o valor 0.25 como valor da cofração.
- Clicar o botão **OK** para aceitar os dados inseridos.

<sup>14</sup>Além do escoamento superficial, o SWMM permite considerar a entrada de poluentes nos nós do sistema de drenagem através de séries temporais de contribuições externas, de vazões em períodos de estiagens, de trocas de vazões com o fluxo subterrâneo e infiltrações irregulares dependentes da precipitação (RDII).



a) Edição do poluente TSS (concentração total de sólidos em suspensão)

b) Edição do poluente Chumbo (Pb)

Figura 2.21 - Janela de diálogo para a Edição de Poluentes

No programa SWMM, os agentes poluentes associados ao escoamento são gerados em função dos usos do solo atribuídos em cada uma das sub-bacias. No exemplo serão definidas duas categorias diferentes para o uso do solo: Residencial e Sem Ocupação. Para inserir estes usos do solo ao projeto:

1. Selecionar a subcategoria **Usos do Solo** associada à categoria **Qualidade** do **Painel de Navegação** e posteriormente clicar no botão
2. Na janela de diálogo do Editor de Uso do Solo, tal como mostra a Figura 2.22, introduzir **Residencial** no campo **Nome** → **Nome do Uso do Solo** e posteriormente clicar no botão **OK**.
3. Repetir os passos 1 e 2 para criar a categoria de uso do solo denominada **SOcupação** (sem ocupação).

Em seguida, é necessário definir as funções de acumulação e lixiviação de poluentes para TSS em cada um dos usos do solo. As funções para o chumbo não precisam ser definidas, já que a sua concentração é definida como uma fração fixa da concentração de TSS. Normalmente a definição destas funções requer uma calibração *in-situ* para determinar os parâmetros das mesmas.

No exemplo, assume-se que os sólidos em suspensão nas áreas residenciais, definidos sob a categoria de Uso Residencial, são acumulados a uma taxa de 1 kg por ha por dia, até que seja alcançado um valor limite de 50 kg por ha. Para a classe de uso do solo SOcupação, admite-se que a acumulação de TSS é no máximo a metade deste valor. Para a função de lixiviação do agente poluente, admite-se um valor médio constante de 100 mg/L para solo Residencial e de 50 mg/L para solo SOcupação.



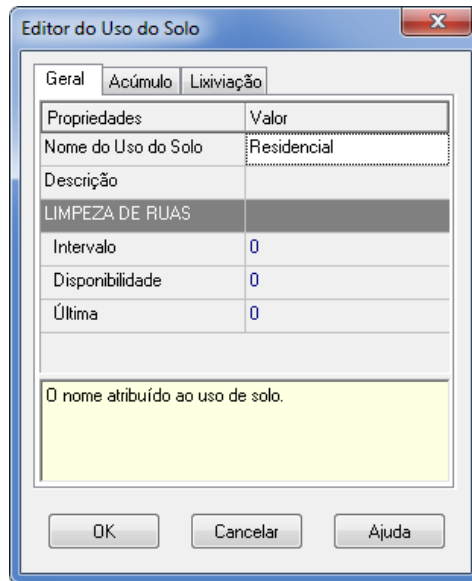




Figura 2.22 - Janela de diálogo para editar os usos do solo

Quando ocorrem escoamentos, estas concentrações se mantêm até que a quantidade de poluente acumulada se esgota. Para definir estas funções para o solo de Uso Residencial:

1. Selecionar a classe de uso do solo denominada Residencial desde o Painel de Navegação e clicar no botão .
2. Na janela de diálogo de Edição de Uso do Solo, clicar na aba Acúmulo, tal como mostra a Figura 2.23.
3. Selecionar o poluente TSS e POW para a função potencial, como o tipo de função a empregar.
4. Atribuir à função um valor máximo de acumulação de 50, a uma taxa constante de 1, uma potência de 1 e selecionar AREA como normalizador.
5. Em seguida, clicar na aba Lixiviação da janela de diálogo e selecionar o poluente TSS. Selecionar também EMC como tipo de função e introduzir um valor de 100 para o coeficiente. Preencher o restante dos campos com o valor 0.
6. Clicar no botão **OK** para aceitar os valores introduzidos.

Em seguida, realizar o mesmo procedimento para a classe de uso do solo SOcupação, utilizando, na aba de acúmulo, um valor máximo de acumulação de 25, uma taxa de acumulação constante de 0.5, uma potência da função de acumulação de 1 e um EMC de lixiviação de 50 (na aba de lixiviação).

O passo final para definir completamente o exemplo de qualidade é atribuir os diferentes usos de solo a cada uma das sub-bacias:

1. Selecionar a sub-bacia **S1** no Editor de Propriedades.
2. Selecionar a propriedade de Usos do Solo e clicar no botão  (ou pressionar a tecla *Enter*)
3. Na janela de diálogo Usos do Solo, introduzir 75 para a porcentagem de área Residencial e 25 para a porcentagem de uso do solo SOcupação (ver Figura 2.24).
4. Repetir os mesmos passos para a sub-bacia **S2**.

5. Repetir o mesmo procedimento para a sub-bacia S3, exceto que se atribuirá um uso do solo Residencial de 25% e 75% para o uso do solo SOcupação.

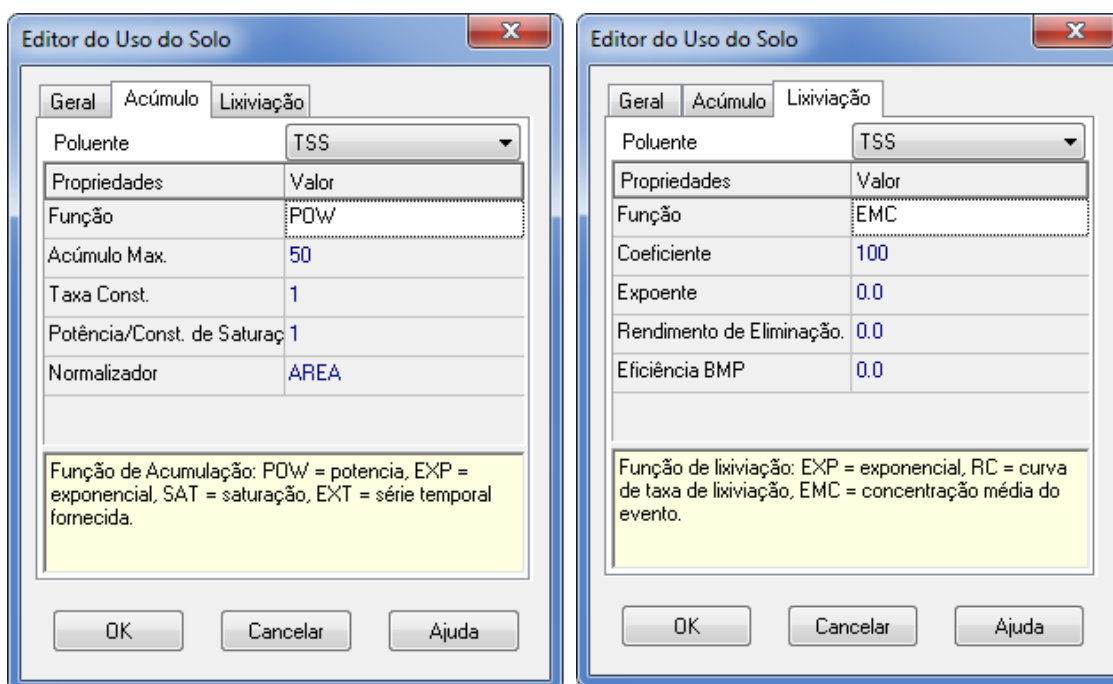


Figura 2.23 - Definição da função de acumulação e arraste de TSS para o uso do solo Residencial

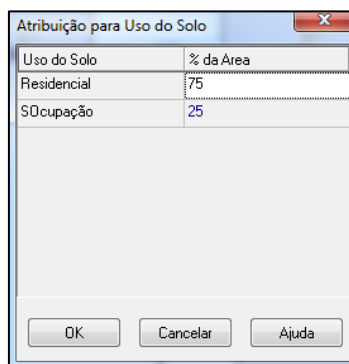




Figura 2.24 - Janela de diálogo de atribuição de usos do solo

Antes de simular as concentrações de TSS e Chumbo (Pb), derivadas do escoamento na área de estudo, é necessário definir uma acumulação inicial de TSS, de forma que possa ser lixiviada durante o evento de chuva. Pode-se especificar o número de dias sem chuvas, anterior à simulação ou, ao contrário, especificar a massa acumulada em cada uma das sub-bacias. No exemplo desenvolvido se adotará a primeira opção:

1. A partir da categoria **Opções** do Painel de Navegação, selecionar a subcategoria Data e clicar no botão .
2. Na janela de diálogo das Opções de Simulação, introduzir o valor 5 no campo Dias Antecedentes sem Chuva.
3. Manter o resto das opções de simulação com os mesmos valores inseridos, quando foi realizada a análise através do método da Onda Dinâmica.
4. Clicar no botão **OK** para fechar a janela de diálogo.

Realizar agora uma nova simulação selecionando a opção **Projeto >> Executar Simulação** ou clicando no botão  na Barra de Ferramentas Padrão.

Uma vez realizada a simulação, pode-se analisar o Relatório do Estado. Observa-se que duas novas seções apareceram no relatório para determinar o Balanço da Qualidade da Água nos Escoamentos Superficiais e a Continuidade da Propagação dos Agentes Poluentes. Na tabela relativa ao Balanço da Qualidade da Água nos Escoamentos Superficiais, observa-se um acúmulo inicial de TSS de 19.238 kg e um adicional de 0.884 kg acumulado na superfície nos períodos sem chuva da simulação. Aproximadamente 19.398 kg foram lixiviados pela chuva. A quantidade de Chumbo lixiviada é uma porcentagem fixa (25% multiplicado por 0.001 para converter de mg a  $\mu\text{g}$ ) do valor TSS, tal como especificado na simulação.

Quando se traçam os gráficos de concentração de TSS para as sub-bacias **S1** e **S3**, assim como mostra a Figura 2.25, observam-se as diferenças de concentração resultantes dos distintos usos do solo nestas duas áreas. Também pode-se verificar que a duração durante a qual os poluentes são lixiviados, é muito mais curta que a duração do escoamento (1 hora frente a 6 horas); isto porque a chuva lixiviou toda a acumulação de poluente antes de terminar o escoamento superficial.

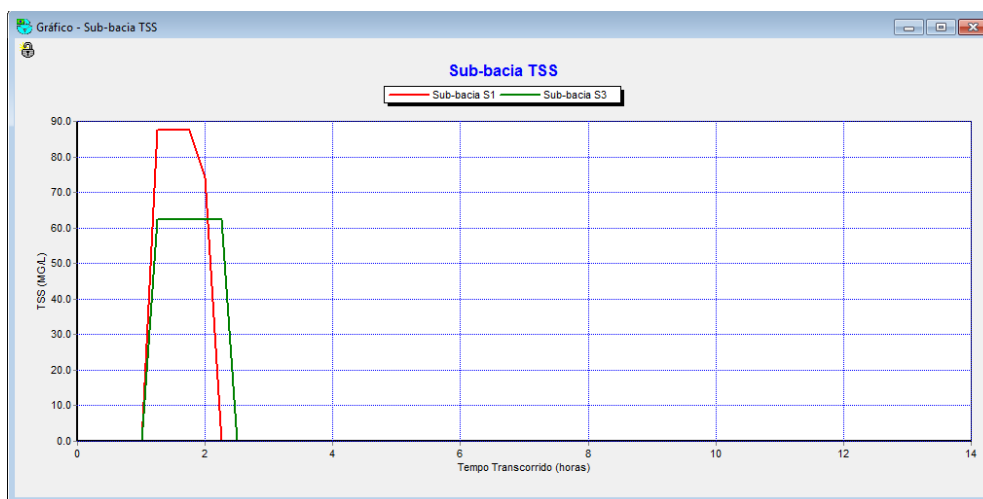





Figura 2.25 - Concentração de TSS do escoamento em diferentes sub-bacias

## 2.7 Realização de uma Simulação Contínua


Como exercício final deste tutorial se mostrará, em seguida, como realizar uma simulação contínua de longo prazo, utilizando um registro histórico de chuva. Ao mesmo tempo se mostrará como realizar uma análise de frequência estatística dos resultados. O registro de chuva será obtido de um arquivo denominado sta310301.dat que é baixado junto aos exemplos fornecidos com o programa SWMM. Este arquivo contém os dados de chuva de alguns anos, começando em janeiro de 1998, com intervalos de tempo de 1 hora. Os dados estão armazenados no formato DSI 3240 do Centro Nacional de Dados Climáticos dos EEUU (Nacional Climatic Data Center). Este formato pode ser reconhecido diretamente pelo programa SWMM.

Para realizar uma simulação contínua com um registro de chuvas:

1. Selecionar o Pluviômetro **PLUV1** no Editor de Propriedades.
2. Mudar a opção de Origem de Dados para a opção **FILE** (arquivo).

3. Selecionar o campo Nome do Arquivo e pressionar o botão  (ou pressionar a tecla *Enter*) para abrir uma janela padrão do Windows, que permite a seleção do arquivo com os dados de chuva.
4. Navegar através do formulário de seleção de arquivos até localizar onde se encontra armazenado o arquivo denominado **sta310301.dat** e clicar a opção **Abrir** para selecionar o arquivo e fechar a janela de diálogo.
5. No campo N° Estação do Editor de Propriedades introduzir o valor **310301**.
6. Selecionar a categoria **Opções** no Painel de Navegação e clicar no botão  para abrir o formulário de Opções de Simulação.
7. Na aba **Geral** do formulário, selecionar o método da **Onda Cinemática** (isto ajudará a aumentar a velocidade dos cálculos).
8. Na aba **Datas** do formulário, fixar as datas do Início da Análise e Início do Relatório no valor **01/01/1998** e fixar a data do Fim da Análise no dia **01/01/2000**.
9. Na aba **Passo de Tempo** do formulário, introduzir, como valor para a Propagação de Fluxo, **300** segundos (5 minutos).
10. Fechar as Opções de Simulação, pressionando o botão **OK** e começar com a simulação selecionando a opção **Projeto >> Realizar Simulação** ou clicando no botão  na Barra de Ferramentas Padrão.

Após terminada a simulação contínua, pode-se realizar uma análise de frequência estatística de qualquer das variáveis calculadas e, então, sair do módulo de cálculo. Por exemplo, pode-se determinar a distribuição de volumes de chuva dentro de cada um dos períodos de tormenta ao longo de dois anos simulados:

1. Selecionar **Relatório >> Estatísticas** ou clicar o botão  da Barra de Ferramentas Padrão.
2. Na janela de diálogo de Seleção Estatística que aparece, devem-se introduzir os valores mostrados na Figura 2.26.
3. Clicar no botão **OK** para fechar o formulário.

O resultado desta consulta é um formulário com um Relatório Estatístico (ver Figura 2.27) que contém quatro abas diferentes: uma de Síntese; uma de Eventos, que contém uma lista de cada um dos eventos, ordenados segundo sua magnitude; uma de Histograma, que contém um gráfico de frequência de ocorrência frente à magnitude do evento e uma aba de gráfico de frequência, onde está traçada a curva de frequência acumulada versus a magnitude do evento.

A aba Síntese mostra que existe um total de 213 eventos de chuva. A página de Eventos mostra que o maior evento durou 24 horas (01 de julho de 1998) com uma altura total de chuva de 85.08 mm. Não ocorreram eventos como o de 76.2 mm em 6 horas da simulação individual anterior. De fato, o Relatório do Estado desta simulação contínua indica que não ocorreram incidentes de inundação ou trechos que entrem em carga ao longo do período de simulação.

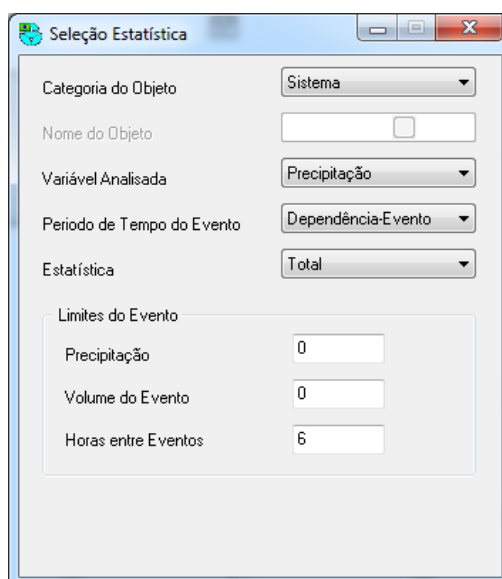


Figura 2.26 - Janela de diálogo de seleção de estatísticas

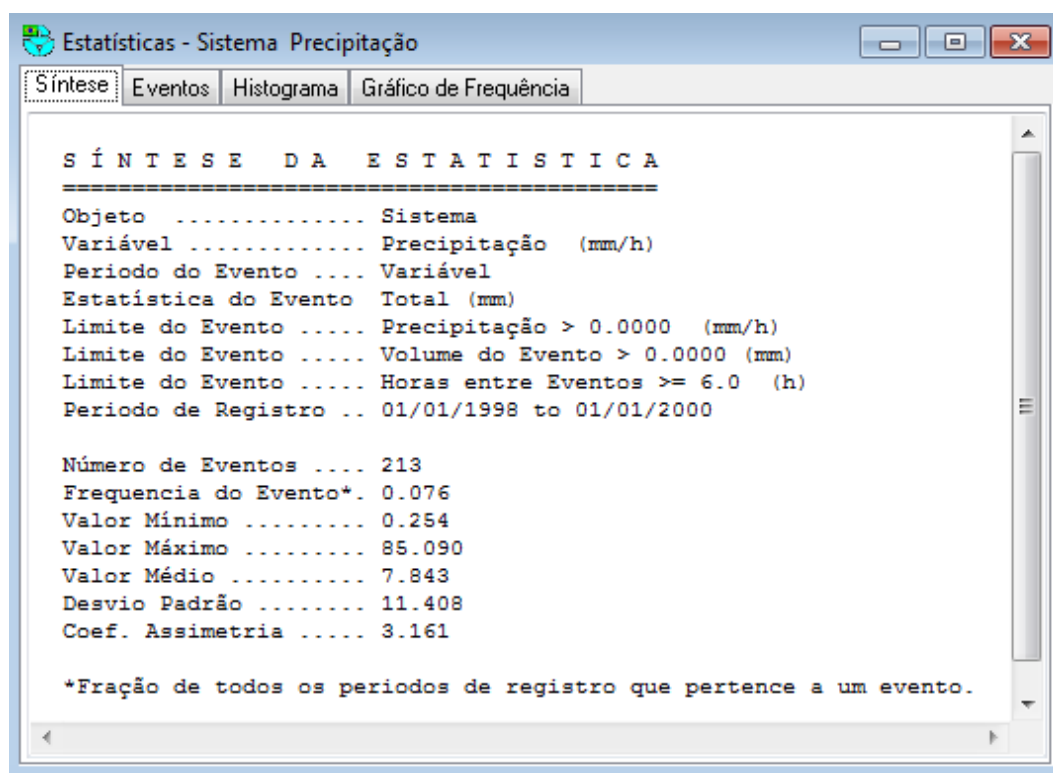


Figura 2.27 - Relatório da Análise Estatística

Ao longo deste capítulo foi vista, apenas de forma superficial, a capacidade do programa SWMM. Outras características do programa que podem ser úteis são:

- > Utilização de outros tipos de elementos de drenagem, tais como unidades de armazenamento, divisores de fluxo, bombas e reguladores, que permitem modelar sistemas mais complexos.
- > Utilização de regras de controle para simular a operação, em tempo real, de bombas e elementos de regulação.

- > O emprego de diferentes tipos de afluições externas nos nós do sistema de drenagem, tais como determinados hidrogramas, fluxos em tempo seco e infiltrações no sistema devido à chuva.
- > Modelagem da interação entre os aquíferos contidos no interior da sub-bacia e os nós do sistema de drenagem.
- > Modelagem da acumulação de neve nas sub-bacias e o posterior degelo.
- > A capacidade de inserir dados de calibração ao projeto, de forma que possam ser comparados os resultados da simulação com os valores realmente medidos.
- > Utilização de um mapa de fundo de ruas, planta do local de estudo ou mapa topográfico, que auxilia o desenho de objetos do sistema, ao mesmo tempo que ajuda a informar a localização real dos resultados obtidos.

Mais informações sobre estas e outras características do programa podem ser encontradas nos outros capítulos deste manual.



# 03 CAPÍTULO

## Modelo Conceitual

---

Este capítulo descreve como o SWMM modela os objetos e os parâmetros operacionais que constituem um sistema de drenagem de águas pluviais. Os detalhes de como as informações são introduzidas no programa serão descritos em capítulos posteriores. Neste capítulo faz-se, também, uma abordagem geral dos fundamentos de cálculo computacional utilizados pelo SWMM para simular os fenômenos hidrológicos, hidráulicos e relativos ao comportamento e transporte da qualidade da água em um sistema de drenagem de águas pluviais.

### 3.1 Introdução

O SWMM representa o comportamento de um sistema de drenagem através de uma série de fluxos de água e matéria entre os principais módulos descritores do ambiente. Estes módulos e seus respectivos objetos são:

- > O módulo Atmosférico, a partir do qual ocorre precipitação e depósito dos poluentes sobre a superfície do solo, representados no módulo de Superfície do Solo. O SWMM utiliza o objeto Pluviômetro para representar as entradas de chuva no sistema.
- > O módulo de Superfície do Solo é representado por meio de um ou mais objetos da Sub-bacia. Ele recebe a precipitação do módulo Atmosférico sob a forma de chuva ou neve; exporta o fluxo de água por meio da infiltração para o módulo de Águas Subterrâneas e, também, por meio de escoamento superficial e carreamento de poluentes para o módulo de Transporte.
- > O módulo de Águas Subterrâneas recebe a infiltração do módulo de Superfície do Solo e transfere uma parte da mesma, como fluxo de entrada, para o módulo de Transporte. O módulo de Águas Subterrâneas é modelado utilizando os objetos Aquíferos.
- > O módulo de Transporte contém uma rede com elementos de transporte (canais, tubulações, bombas e elementos de regulação) e unidades de armazenamento e tratamento, que transportam a água para os nós exutórios ou para as estações de tratamento. Os fluxos de entrada deste módulo podem advir do escoamento superficial, da interação com o fluxo subterrâneo, de escoamentos de águas residuárias, ou de hidrogramas de entrada definidos pelo usuário. Os



componentes do módulo de Transporte são modelados com os objetos Nós e Trechos.

Em uma determinada modelagem do SWMM não é necessário que apareçam todos os módulos descritos anteriormente. Por exemplo, uma modelagem pode possuir somente o módulo de Transporte, utilizando, como entradas, hidrogramas previamente definidos.

### 3.2 Objetos Físicos

A Figura 3.1 mostra como os objetos físicos (visíveis) dos módulos podem ser organizados para formar um sistema de drenagem de águas pluviais. Estes objetos podem ser representados no Mapa da Área de Estudo do SWMM. Os parágrafos seguintes descrevem cada um destes objetos.

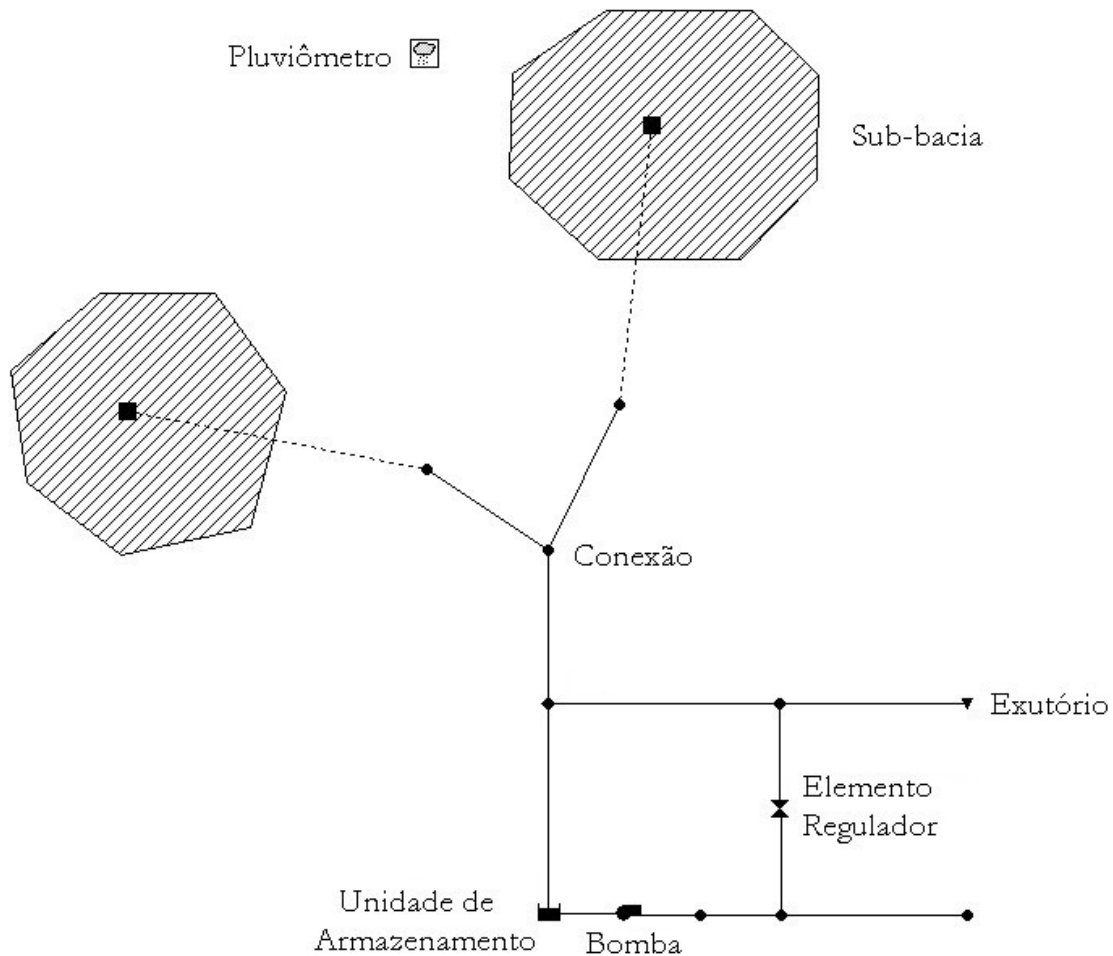


Figura 3.1 - Exemplo de objetos empregados no modelo de um sistema de drenagem

#### 3.2.1 Pluviômetros

Os Pluviômetros fornecem os dados de entrada das precipitações que ocorrem sobre uma ou mais áreas das sub-bacias definidas na região de estudo. Os dados de chuva podem ser definidos pelo usuário mediante séries temporais de dados ou podem advir de um arquivo externo ao programa. Atualmente, o SWMM dispõe de diferentes formatos de arquivos de dados de chuva, assim como um formato padrão definido pelo usuário.

As principais propriedades do objeto pluviômetro a serem fornecidas são:

- > Tipo de dados de chuva (por exemplo, intensidade da chuva, volume, ou volume acumulado).
- > Intervalo de tempo dos dados (por exemplo, cada hora, cada 15 minutos etc.).
- > Origem dos dados de chuva (especificando se é uma série temporal definida pelo usuário ou um arquivo externo).
- > Nome dado ao objeto a partir do qual se acessam os dados de chuva.

### 3.2.2 Sub-bacias

Os objetos Sub-bacias são unidades hidrológicas de terreno cuja topografia e elementos do sistema de drenagem conduzem o escoamento diretamente para um único ponto de descarga. O usuário do programa divide a área de estudo em um número adequado de sub-bacias e identifica o ponto de saída de cada uma delas. Os pontos de saída de cada uma das sub-bacias são nós do sistema de drenagem ou entradas de outras sub-bacias.

As Sub-bacias podem ser divididas em subáreas permeáveis e impermeáveis. O escoamento superficial pode se infiltrar na camada superior do solo das subáreas permeáveis, mas não através das subáreas impermeáveis. As áreas impermeáveis podem ser divididas, por sua vez, em duas subáreas: uma que contém o armazenamento em depressão e a outra que não contém. O escoamento superficial em uma subárea da sub-bacia pode fluir para outra subárea ou ambas subáreas podem drenar diretamente para a saída da sub-bacia.

A infiltração da chuva para a zona não saturada do solo em uma subárea permeável de uma determinada sub-bacia pode ser descrita mediante três modelos diferentes:

- > O modelo de infiltração de Horton.
- > O modelo de infiltração de Green-Ampt.
- > O modelo de infiltração baseado na Curva Número do SCS.

Para modelar a acumulação, redistribuição e degelo das precipitações que caem em forma de neve em uma sub-bacia, é necessário criar um objeto Acumulação de Neve. Para modelar o fluxo de águas subterrâneas entre um aquífero situado por debaixo da sub-bacia e um nó do sistema de drenagem, é necessário estabelecer os parâmetros de Águas Subterrâneas da sub-bacia. A acumulação e o arraste de poluentes na sub-bacia são associados aos usos do solo especificados para aquela sub-bacia.

Os outros parâmetros principais da sub-bacia a serem fornecidos são:

- > O pluviômetro atribuído à sub-bacia.
- > O nó exutório ou a sub-bacia onde esta descarrega.
- > Os usos do solo atribuídos.
- > A área da sub-bacia.
- > A porcentagem de área impermeável.
- > A declividade da sub-bacia.
- > A largura característica do fluxo superficial.
- > O valor do coeficiente de Manning “n” para o fluxo superficial, tanto para áreas permeáveis, como para áreas impermeáveis.
- > O armazenamento em depressão para áreas permeáveis e impermeáveis.
- > A porcentagem de solo impermeável isenta de armazenamento em depressão.

### 3.2.3 Nós de Conexão.

Os Nós de Conexão são objetos do sistema de drenagem onde se conectam diferentes trechos entre si. Fisicamente, podem representar a confluência de canais superficiais naturais, poços de visita do sistema de drenagem, ou elementos de conexão de tubulações. As contribuições externas entram no sistema através das conexões. O excesso de água em um nó pode conduzir a um escoamento parcialmente pressurizado enquanto os condutos a ele conectados se encontrem em carga, ou a uma perda de água para o sistema ou, ao contrário, a um alagamento no terreno acima do nó, que gradativamente voltará ao sistema.

Os parâmetros principais de entrada de um nó de conexão são:

- > Cota do radier da estrutura física representada pelo nó
- > Profundidade do radier em relação ao terreno.
- > Área superficial da água empoçada acima do nó de conexão quando há transbordamento. É um parâmetro opcional de entrada.
- > Dados das contribuições externas de fluxo. É também um parâmetro opcional.

### 3.2.4 Nós Exutórios

Os objetos Nós Exutórios são nós terminais do sistema de drenagem, utilizados para definir as condições de contorno finais, a jusante do sistema, no caso de ser utilizado o modelo de propagação da Onda Dinâmica. Para os outros modelos de propagação, os Nós Exutórios comportam-se como Nós de Conexão. Uma restrição do modelo é que só é possível conectar um único coletor (trecho) a um Nó Exutório.

As condições de contorno nos nós exutórios podem ser descritas mediante uma das seguintes relações:

- > Profundidade de escoamento crítico ou normal no conduto que leva ao nó.
- > Um nível fixo de água.
- > O nível da maré descrito em uma tábua de marés com passo de tempo horário.
- > Uma série temporal definida pelo usuário que represente o nível de água no ponto de descarga, ao longo do tempo.

Os parâmetros principais de um nó exutório são:

- > A cota do radier da estrutura física representada pelo nó.
- > O tipo e a descrição da condição de contorno.
- > A presença de um dispositivo de retenção (comporta de contenção) para prevenir o fluxo inverso no exutório.

### 3.2.5 Divisores de Fluxo

Os objetos Divisores de Fluxo são nós do sistema de drenagem que desviam parte do fluxo em um conduto específico de maneira preestabelecida pelo usuário. Estes divisores de fluxo podem, no máximo, possuir dois conectores na sua saída. Serão ativados somente quando se analisa o fenômeno através do modelo da Onda Cinemática e são tratados como simples nós quando é empregado o modelo da Onda Dinâmica.

Existem quatro tipos de divisores de fluxos definidos pelo modo pelo qual os fluxos de entrada são repartidos:

- > Divisor com nível de corte: deriva todas as vazões de entrada acima de um determinado valor especificado (corte).
- > Divisor de Excesso: deriva todas as vazões de entrada acima da capacidade da vazão do coletor não derivado.
- > Divisor Tabular: utiliza uma tabela definida pelo usuário para expressar a relação entre a vazão derivada em função da vazão total de entrada.
- > Vertedor: utiliza a equação característica de um vertedor para calcular a vazão derivada.

O fluxo derivado através de um divisor de tipo Vertedor pode ser calculado pela equação

$$Q_{\text{div}} = C_w (f \cdot H_w)^{1.5}$$

onde  $Q_{\text{div}}$  é a vazão derivada,  $C_w$  é o coeficiente do vertedor (produto do coeficiente de descarga do vertedor pelo seu comprimento),  $H_w$  é a altura máxima de água acima da soleira do vertedor e “f” é um fator que pode ser calculado mediante à expressão:

$$f = \frac{Q_{\text{in}} - Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}}$$

onde  $Q_{\text{in}}$  é a vazão de entrada no divisor,  $Q_{\text{min}}$  é a vazão, a partir da qual começa a divisão de vazões e  $Q_{\text{max}}$  se calcula mediante a expressão:

$$Q_{\text{max}} = C_w \cdot H_w^{1.5}$$

Os parâmetros que o usuário deve especificar para determinar um divisor de tipo vertedor são  $Q_{\text{min}}$ ,  $H_w$  e  $C_w$ .

Os principais parâmetros de entrada para um divisor de fluxo são:

- > Os mesmos dados necessários para representar uma conexão, conforme mostrado nos itens anteriores.
- > O nome do trecho que recebe as vazões derivadas.
- > O método empregado para calcular a quantidade de vazão derivada.

### 3.2.6 Unidades de Armazenamento

Os objetos Unidades de Armazenamento são nós do sistema de drenagem com capacidade para armazenar determinados volumes de água. Fisicamente podem representar desde pequenos sistemas de armazenamento (como pequenas bacias de contenção) até grandes sistemas (como lagos). As propriedades volumétricas de uma unidade de armazenamento são representadas por uma função ou por uma tabela que relaciona a área superficial à profundidade.

Os principais parâmetros de entrada de uma unidade de armazenamento são:





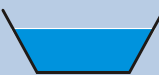
















- > A cota de fundo ou cota do radier.
- > A altura máxima.
- > A tabela que relaciona a área superficial à profundidade.

- > A proporção da evaporação potencial na unidade de armazenamento.
- > A superfície de armazenamento da água empoeçada quando se produz alagamento. É um parâmetro opcional que depende de ativar-se, ou não, a opção Permitir Alagamento.
- > Os dados das contribuições externas de fluxo (outro dado opcional).

### 3.2.7 Condutos

Os objetos Condutos são tubulações ou canais que transportam a água de um nó para o outro. As seções transversais dos condutos podem ser selecionadas a partir de diversas geometrias, abertas ou fechadas, apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Diferentes seções transversais disponíveis de condutos

Nome	Parâmetros	Forma	Nome	Parâmetros	Forma
Circular	Profundidade		Circular Preenchimento	Profundidade, profundidade do escoamento	
Retangular Fechado	Profundidade, largura		Retangular Aberto	Profundidade, largura	
Trapezoidal	Profundidade, largura na parte superior, declividade lateral		Triangular	Profundidade, largura na parte superior	
Elipse Horizontal	Profundidade		Elipse Vertical	Profundidade	
Arco	Profundidade		Parabólica	Profundidade, largura na parte superior	
Potencial	Profundidade, Largura na parte superior, expoente		Retangular – Triangular	Profundidade, largura	
Retangular Arredondada	Profundidade, largura		Cesta de mão modificada	Profundidade, largura	
Oval	Profundidade		Colada de cavalo	Profundidade	
Gótico	Profundidade		Catenária	Profundidade	
Semi-elíptica	Profundidade		Cesta de mão	Profundidade	
Semicircular	Profundidade				

A maioria das seções transversais de canais são retangulares, trapezoidais ou irregulares tendo a sua forma definida pelo usuário. Neste último caso, um objeto Seção Transversal Irregular é utilizado para determinar como a profundidade da seção varia com a distância

medida na horizontal (ver seção 3.3.5 mais adiante). As formas mais usuais para condutos de drenagem de águas pluviais ou de águas residuárias são circulares, elípticas e em forma de arco. Tamanhos padrões estão publicados pelo “American Iron and Steel Institute” no “Modern Sewer Design” e pela “American Concrete Pipe Association” no seu manual: “Concrete Pipe Design Manual”. A seção transversal intitulada “Circular com preenchimento” permite a consideração do assoreamento do conduto via depósito de sedimentos, o que limita a sua capacidade de escoamento. A seção transversal intitulada “Forma fechada personalizada” permite que seja desenhada qualquer forma geométrica fechada desde que simétrica em relação à linha do centro (ver seção 3.3.11).

O SWMM emprega a equação de Manning para estabelecer a relação entre a vazão que escoar pelo conduto ( $Q$ ), a área da seção transversal ( $A$ ), o raio hidráulico ( $R_h$ ) e a declividade ( $S$ ), tanto para canais abertos, como para condutos fechados parcialmente cheios. Em unidades americanas a equação de Manning é dada por:

$$Q = \frac{1.49}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{S}$$

Em unidades do Sistema Internacional é expressa como:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{S}$$

onde “ $n$ ” é o coeficiente de rugosidade de Manning. Para o caso de escoamento em regime permanente e para a análise mediante a Onda Cinemática, “ $S$ ” representa a declividade do conduto. No caso do Modelo da Onda Dinâmica “ $S$ ” representa a declividade hidráulica do fluxo (ou seja, a perda de carga por unidade de comprimento).

Para condutos de seção transversal circular, funcionando em carga, a vazão é calculada pela equação de Hazen-Williams ou pela equação de Darcy-Weisbach, no lugar da equação de Manning. Em unidades americanas, a equação de Hazen-Williams é dada por:

$$Q = 1,318CAR_h^{0,63}S^{0,54}$$

onde  $C$  é o coeficiente de Hazen-Williams que varia inversamente com a rugosidade. É um parâmetro da seção transversal a ser fornecido ao modelo.

Em unidades do Sistema Internacional, a equação de Hazen-Williams assume a fórmula:

$$Q = 0,5493CR_h^{0,63}S^{0,54}$$

A equação de Darcy-Weisbach é dada por:

$$Q = \sqrt{\frac{8g}{f}} AR_h^{1/2} S^{1/2}$$

onde “ $g$ ” é a aceleração da gravidade e “ $f$ ” é o coeficiente de atrito de Darcy-Weisbach, calculado para os escoamentos turbulentos pela fórmula de Colebrook-White, em função da rugosidade absoluta das paredes do tubo - parâmetro a ser fornecido ao programa -, e do número de Reynolds.

A escolha da equação adotada é indicada pelo usuário.

- ⚠ Para condutos funcionando em carga, com outras seções transversais em vez da circular, a equação de Manning é a empregada.

Um conduto pode também ser utilizado no modelo como um bueiro, desde que assinalado por meio de um código apropriado. Estes códigos estão listados na tabela A.10 do apêndice A. O funcionamento do bueiro é avaliado em permanência pelo programa quando se utiliza o modelo de propagação da onda dinâmica, a fim de verificar se o mesmo está funcionando com controle na sua entrada tal como definido pelo Hydraulic Design of Highway Culverts – uma publicação da Administração Federal de Estradas nos USA (Publication No. FHWA-NHI-01-020, maio 2005). Sob controle de entrada, um bueiro apresenta um escoamento específico determinado pela Curva-Chave da entrada, a qual depende da forma do bueiro, do seu tamanho, da sua declividade e da forma geométrica da estrutura de entrada.

Os principais parâmetros a serem fornecidos ao modelo para os condutos são:

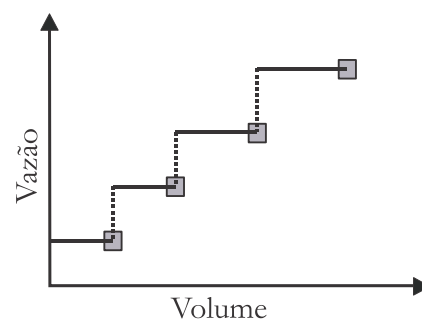
- > Identificação dos nós de entrada e saída.
- > *Offset* do nó de entrada e de saída (ver seção 4.4).
- > Comprimento do conduto.
- > Coeficiente de Manning.
- > Geometria da seção transversal do conduto.
- > Coeficiente de perdas, tanto para a entrada, como para a saída do conduto (opcional).
- > Presença de um dispositivo de retenção para prevenir o fluxo inverso (opcional).

### 3.2.8 Bombas

Os objetos Bombas são conectores incluídos no sistema de drenagem para impulsionar a água de forma pressurizada. A curva da bomba descreve a relação que existe entre sua vazão e determinadas condições nos nós de entrada e saída. Existem quatro formas diferentes de representar o comportamento de uma bomba:

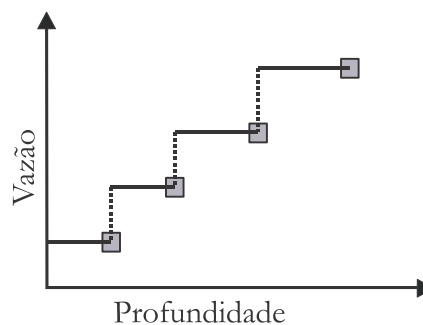
#### Tipo I

Uma bomba não instalada em linha no sistema. A bomba aspira de um poço de sucção de forma que a vazão aumenta de forma discreta (patamares na figura), em relação ao volume de água disponível no poço.

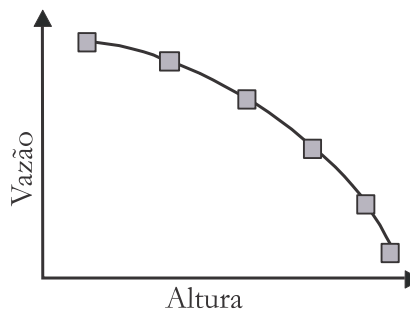


Tipo II

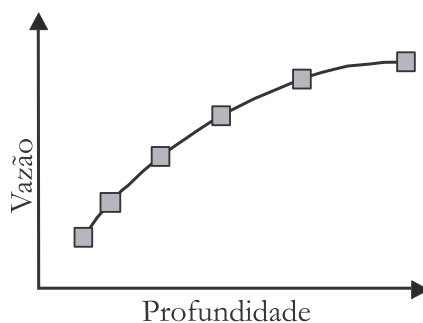
Uma bomba instalada em linha no sistema onde a vazão aumenta de forma discreta (patamares na figura) em função da profundidade da água (nível) no nó de entrada (sucção).

Tipo III

Uma bomba instalada em linha no sistema onde a vazão varia de forma contínua com a diferença de níveis de água entre os nós de entrada e saída. Sua representação é a curva característica da bomba.

Tipo IV

Uma bomba de velocidade variável instalada em série no sistema, de forma que a vazão varia continuamente com a profundidade da água (nível) do nó de entrada (sucção).

Ideal

É uma bomba “ideal” que não requer curva característica. É definida como uma bomba cuja vazão é igual à vazão do nó de entrada. Essa bomba, utilizada de forma preliminar na fase de projeto, deve ser o único conector na saída do nó de entrada.

O acionamento e a parada da bomba podem ser controlados dinamicamente por meio de níveis de água, no nó de entrada, especificados para tal fim ou através de Regras de Controle definidas pelo usuário.

Os principais parâmetros a serem fornecidos ao objeto bomba são:

- > Identificação dos nós de entrada e saída.
- > Identificação da curva que representa o comportamento da bomba.
- > Estado inicial da bomba (ligada ou desligada – *open/closed*).
- > Níveis de água de acionamento e parada automáticos da bomba no nó de entrada.



### 3.2.9 Reguladores de Vazão

Os objetos Reguladores de Vazão são estruturas e dispositivos utilizados para controlar e derivar as vazões dentro do sistema de transporte. São tipicamente utilizados para:

- > Controle das emissões desde as unidades de armazenamento.
- > Prevenção de fenômenos de entrada em carga inaceitáveis de condutos.
- > Derivação de vazões para sistemas de tratamento ou interceptores.

Os elementos reguladores de vazão modelados pelo SWMM são:

- > Orifícios.
- > Vertedores.
- > Bocais.

#### Orifícios

Os Orifícios são empregados para modelar descargas e representar estruturas de derivação nos sistemas de drenagem. Estes elementos, normalmente, são aberturas nas paredes dos poços de visita e unidades de armazenamento ou comportas de controle. São representados no SWMM como um trecho que conecta dois nós entre si. Um orifício pode possuir uma forma circular ou uma forma retangular, estar localizado no fundo ou na parede lateral do nó de montante e, eventualmente, pode dispor de um dispositivo de retenção para prevenir o fluxo inverso.

Os orifícios podem ser utilizados como elementos de descarga das unidades de armazenamento em qualquer dos modelos hidráulicos de propagação de fluxos contemplados no programa. Caso não sejam vinculados a uma unidade de armazenamento, este tipo de elemento só pode ser empregado em redes de drenagem quando se emprega o modelo de propagação da Onda Dinâmica.

O fluxo através de um orifício completamente submerso é calculado por:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

onde  $Q$  é a vazão,  $C_d$  é o coeficiente de descarga,  $A$  é a área da abertura do orifício,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $h$  é a diferença de alturas através do orifício. A altura de abertura de um orifício pode ser controlada de forma dinâmica através de Regras de Controle definidas pelo usuário. Isto pode ser utilizado para modelar a abertura e o fechamento de comportas.

Os principais parâmetros a serem fornecidos ao modelo para um Orifício são:

- > Identificação dos nós de entrada e saída do orifício.
- > Configuração, definindo se o orifício encontra-se no fundo ou na parte lateral.
- > Forma do orifício, indicando se é circular ou retangular.
- > Altura do orifício em relação ao radier do nó de entrada.
- > Coeficiente de descarga do orifício.
- > Hora para abrir ou fechar o orifício.

## Vertedores

Os Vertedores, assim como os orifícios, são empregados para modelar descargas e estruturas de desvio do fluxo em sistemas de drenagem. Os vertedores localizam-se, normalmente, nos poços de visita, na parede lateral de um canal, ou nas unidades de armazenamento. Internamente são representados no SWMM como um trecho que une dois nós, onde o vertedor se localiza no nó de montante. Estes elementos podem incluir também um dispositivo de retenção para prevenir o fluxo inverso.

O modelo SWMM contempla quatro tipos diferentes de vertedores, cada um com sua equação para o cálculo da vazão, conforme mostra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Diferentes tipos de vertedores disponíveis.

Tipo de vertedor	Forma da seção transversal	Equação
Transversal	Retangular	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{3/2}$
Descarga lateral	Retangular	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{5/3}$
Em V	Triangular	$Q = C_w \cdot S \cdot h^{5/2}$
Trapezoidal	Trapezoidal	$Q = C_w \cdot L \cdot h^{3/2} + C_{ws} \cdot S \cdot h^{5/2}$

$C_w$  = coeficiente de descarga do vertedor,  $L$  = comprimento do vertedor,  $S$  = declividade do lado do vertedor em V ou do vertedor trapezoidal,  $h$  = diferença de alturas no vertedor,  $C_{ws}$  = coeficiente de descarga através dos lados de um vertedor trapezoidal.

Os Vertedores podem ser utilizados como elementos de descarga das unidades de armazenamento em qualquer dos modelos hidráulicos de propagação de fluxos contemplados no programa. Caso não sejam vinculados a uma unidade de armazenamento, este tipo de elemento só pode ser empregado em redes de drenagem quando se emprega o modelo de propagação da Onda Dinâmica.

A altura da crista do vertedor com respeito ao radier do Nó de Entrada pode ser controlada dinamicamente através de Regras de Controle definidas pelo usuário. Este aspecto pode ser utilizado para modelar barragens infláveis.

Os principais parâmetros a serem fornecidos ao modelo para um vertedor são:

- > Identificação dos nós de entrada e saída.
- > Forma e geometria do vertedor.
- > Altura da crista do vertedor acima do radier do nó de entrada.
- > Coeficiente de descarga.

## Bocais

Bocais são dispositivos de controle de vazão que são empregados de forma habitual para controlar as vazões de descarga das unidades de armazenamento. São empregados para modelar sistemas com relações específicas entre a carga e a vazão, que não podem ser descritas com bombas, orifícios ou vertedores. Os Bocais são representados internamente no SWMM por um trecho entre dois nós. O bocal pode ser equipado de um dispositivo de retenção que impede o fluxo em uma das direções.

Os bocais podem ser utilizados como elementos de descarga das unidades de armazenamento em qualquer dos modelos hidráulicos de propagação de fluxos contemplados no programa. Caso não sejam vinculados a uma unidade de armazenamento,

ele só pode ser empregado em sistemas de drenagem quando se emprega o modelo de propagação da Onda Dinâmica.

A curva de descarga do bocal, definida pelo usuário, relaciona a vazão de descarga com a altura da superfície livre acima da saída ou com a carga.

Os principais parâmetros de um Bocal são:

- > Identificação dos nós de entrada e saída do bocal.
- > Altura ou cota acima do radier do nó de entrada.
- > Função ou tabela representando a curva de descarga.

### 3.2.10 Rótulos do Mapa

Os objetos Rótulos do Mapa são textos, do tipo opcional, que podem ser acrescentados ao Mapa da Área de Estudo do SWMM para poder identificar os objetos ou regiões do mapa. Os rótulos podem ser escritos por qualquer das fontes do Windows, ser editados livremente e arrastados para qualquer posição do mapa.

## 3.3 Objetos Virtuais (Sem Representação Gráfica)

Além dos objetos físicos (visíveis), que podem ser visualizados no mapa, o SWMM utiliza objetos virtuais para descrever cada processo, assim como suas características adicionais dentro de uma área de estudo. As categorias de objetos virtuais são descritas em seguida.

### 3.3.1 Climatologia

#### Temperatura

Os dados de temperatura do ar são empregados para simular os processos de precipitação e degelo da neve durante os cálculos do escoamento. Podem também ser utilizados para calcular as taxas diárias de evaporação. No caso de não simular estes processos, não é necessário introduzir os dados de temperatura. Estes dados de temperatura são fornecidos ao programa SWMM da seguinte forma:

- > Uma série temporal discreta de valores (os valores intermediários são interpolados).
- > Um arquivo externo com os dados de climatologia que contém os valores máximos e mínimos diários. O SWMM ajusta uma curva senoidal que passa pelos pontos especificados e depende do dia do ano.

Para as séries temporais de dados, as temperaturas são expressas em °F para unidades americanas e em °C para unidades do sistema métrico. O arquivo externo de dados climatológicos pode também ser utilizado para fornecer os dados de evaporação e de velocidade do vento.

#### Evaporação

A evaporação pode ocorrer nas águas empoçadas nas superfícies das sub-bacias, na água subterrânea contida nos aquíferos e na água acumulada nas unidades de armazenamento. A quantidade de água evaporada pode ser definida das seguintes formas:

- > Um único valor constante.
- > Um conjunto de valores médios mensais.

- > Uma série temporal de valores diários definidos pelo usuário.
- > Valores calculados a partir dos dados de temperatura lidos de um arquivo climatológico.
- > Valores diários lidos de um arquivo de dados climatológicos.

Ao ser utilizado um arquivo de dados climatológicos é necessário introduzir, também, coeficientes mensais de tanque para poder converter os dados de evaporação em valores para a superfície livre da água. Há uma opção, também disponível, que permite o cálculo da evaporação apenas em períodos sem precipitação.

### **Velocidade do Vento**

A velocidade do vento é uma variável climatológica opcional utilizada somente nos cálculos do degelo de neve. O SWMM pode empregar um conjunto de valores médios mensais da velocidade ou os valores de dados da velocidade de vento contidos no mesmo arquivo de dados climatológicos, empregado para as temperaturas máximas e mínimas diárias.

### **Degelo da Neve**

Os parâmetros de degelo da neve são variáveis climáticas aplicadas a toda a área de estudo quando é simulada a precipitação e o degelo de neve. Isto inclui:

- > A temperatura do ar, a partir da qual as precipitações são produzidas em forma de neve.
- > As propriedades de troca de calor da superfície de neve.
- > Fatores corretivos da longitude, latitude e elevação da área de estudo.

### **Redução da Área de Neve**

A redução da área de neve refere-se à tendência da neve acumulada se derreter de forma não uniforme sobre a sub-bacia. À medida que o degelo ocorre, a área recoberta pela neve diminui. Este comportamento é descrito por uma curva de redução da área de neve (ADC) que representa a fração da área total que permanece coberta de neve com relação a razão entre a profundidade da neve e a profundidade existente quando a neve cobre 100% da área. Uma curva ADC típica é aquela apresentada, para uma área natural, na Figura 3.2. No programa SWMM podem ser introduzidas duas curvas deste tipo, uma para áreas impermeáveis e outra para áreas permeáveis.

### **3.3.2 Acumulação de Neve**

O objeto Acumulação de Neve contém parâmetros que caracterizam a acumulação, a remoção e o degelo da neve em três tipos de subáreas definidas numa sub-bacia:

- > A área de acumulação mecânica, que consiste em uma fração definida pelo usuário do total da área impermeável. Ela pretende representar áreas como ruas e estacionamentos onde pode se retirar ou amontoar a neve por processo mecânico (pá, trator etc).
- > A área impermeável de acumulação de neve que corresponde ao restante da área impermeável.
- > A área permeável de acumulação de neve que abrange toda a área permeável de uma sub-bacia.

Cada uma destas três áreas se caracteriza mediante os seguintes parâmetros:

- > Coeficientes mínimos e máximos de degelo de neve.

- > Temperatura mínima do ar, a partir da qual ocorre o degelo da neve.
- > Profundidade de neve acima da qual fica coberta 100% da área.
- > A profundidade inicial de neve.
- > O conteúdo de água livre, inicial e máximo, nas acumulações de neve.

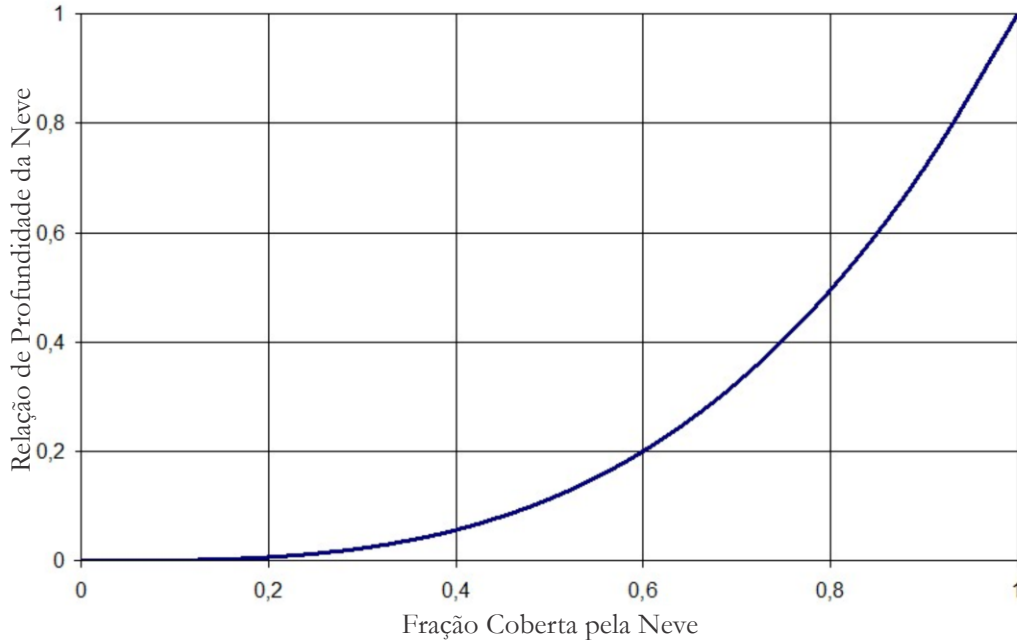


Figura 3.2 - Curva de redução da área de neve para uma área natural

Além disso, é possível atribuir uma série de parâmetros para a remoção mecânica da neve na área. Estes parâmetros são a espessura a partir da qual começa a remoção da neve e as frações de neve deslocadas para outras áreas.

Atribui-se a um objeto sub-bacia (na sua caixa de propriedades) a propriedade acumulação de neve. Um mesmo objeto acumulação de neve pode ser atribuído a qualquer número de sub-bacias. Associando um objeto acumulação de neve a uma sub-bacia, estabelecem-se para essa sub-bacia os parâmetros de degelo e as condições iniciais da neve. Internamente, o SWMM cria um módulo físico de simulação da acumulação e do degelo da neve em uma sub-bacia com base nos parâmetros fornecidos, as áreas permeáveis e impermeáveis, e os registros históricos de precipitação.

### 3.3.3 Aquíferos

Os objetos aquíferos são áreas subsuperficiais de água subterrânea, utilizadas para modelar o movimento vertical da água infiltrada nas sub-bacias. Também permitem a infiltração das águas subterrâneas no sistema de drenagem ou a efluência (afloramento) das águas do sistema de drenagem para a superfície, dependendo do gradiente hidráulico existente. O mesmo objeto aquífero pode ser compartilhado por diferentes sub-bacias. A introdução do objeto aquífero é necessária somente em modelos onde é considerada, explicitamente, a possibilidade de troca de volumes de água entre as águas subterrâneas e o sistema de drenagem, ou quando se precisa modelar o escoamento de base e a curva de recessão de rios e sistemas de drenagem em áreas rurais.

Os aquíferos são representados por duas zonas, uma zona não saturada e outra saturada. Seu comportamento é descrito utilizando parâmetros tais como: porosidade do solo, condutividade hidráulica, profundidade na qual ocorre a evapotranspiração, cota do limite

inferior do aquífero e as perdas para aquíferos profundos. Além disso, deve ser introduzido o nível estático inicial da água subterrânea e a umidade relativa inicial do solo na zona não saturada.

Os aquíferos se conectam com as sub-bacias e com os nós do sistema de drenagem como descrito na propriedade Águas Subterrâneas da sub-bacia. Esta propriedade também contém parâmetros que controlam a vazão de águas subterrâneas entre a zona saturada do aquífero e o nó do sistema de drenagem.

### 3.3.4 Hidrogramas Unitários

Os objetos Hidrogramas Unitários são empregados para estimar as Infiltrações/Afluências no sistema de drenagem devido à precipitação (RDII). Um conjunto Hidrograma Unitário contém até três destes hidrogramas, um para a resposta a curto prazo, outro para a resposta a médio prazo e outro para a resposta a longo prazo. Um grupo hidrogramas unitários pode possuir até 12 conjuntos diferentes de hidrogramas unitários, um para cada mês do ano. Cada grupo de hidrogramas unitários é tratado como um objeto individual no SWMM, ao qual se atribui um único rótulo com o nome do posto pluviométrico associado.

Cada hidrograma unitário, tal como mostra a Figura 3.3, é definido mediante três parâmetros:

- > R: fração do volume de chuva que se incorpora ao sistema de drenagem.
- > T: tempo transcorrido desde o início da chuva até ser alcançado o pico do hidrograma unitário em horas.
- > K: a razão do tempo até a recessão pelo tempo do pico do hidrograma.

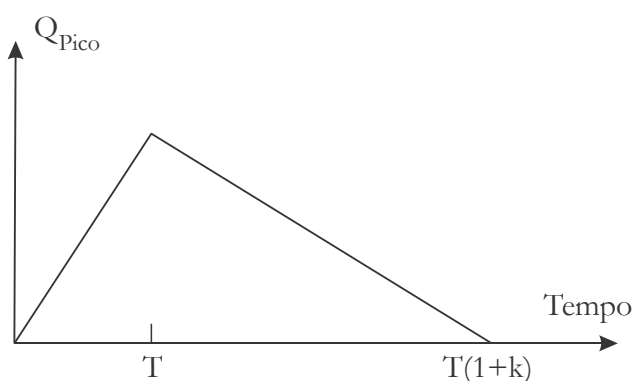


Figura 3.3 - Um hidrograma unitário do fenômeno RDII

A cada hidrograma unitário pode ser associado um conjunto de parâmetros representativos da abstração inicial (AI). Estes determinam a quantidade de precipitação perdida por interceptação e acúmulo em depressões, antes que qualquer excesso de precipitação seja transformado em escoamento do tipo RDII pelo hidrograma. Os parâmetros da AI são:

- > Uma profundidade máxima possível de AI (polegadas ou mm).
- > Uma taxa de redução (polegadas/dia ou mm/dia) das AIs armazenadas durante os tempos secos.
- > Uma profundidade inicial de AI armazenada (polegadas ou milímetros).

Para gerar uma vazão RDII em um dos nós do sistema de drenagem, o nó deve identificar (através da propriedade Afluência) o grupo hidrogramas unitários e a área de infiltração ao redor que contribui para a vazão RDII.



Uma alternativa ao emprego de hidrogramas unitários para definir a vazão RDII é criar um arquivo RDII externo que contém uma série temporal de dados representando o fenômeno.

### 3.3.5 Seção Transversal Irregular

O objeto Seção Transversal Irregular se refere a dados geométricos que descrevem como varia a cota do fundo de um leito natural ou de um conduto de seção irregular em função da distância ao longo de uma seção transversal. A Figura 3.4 representa um exemplo de Seção Transversal Irregular para um leito natural.

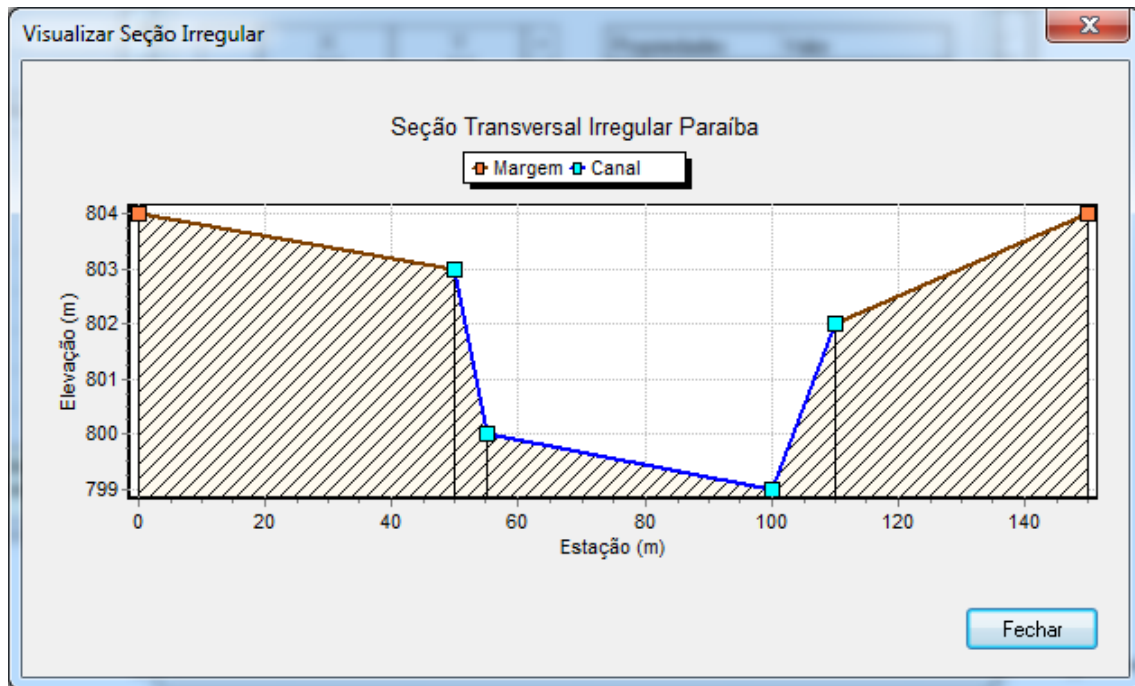


Figura 3.4 - Exemplo da Seção Transversal Irregular de um leito natural

Cada seção transversal irregular deve possuir seu próprio nome de identificação de modo que possa ser referida pelos condutos, cuja forma estará representada pela seção. Para a edição deste tipo de seção dispõe-se de um Editor de Seção Transversal Irregular, que permite introduzir os dados de cotas de cada um dos pontos definidos na própria seção. O SWMM, internamente, converte estes dados em tabelas de áreas versus largura na parte superior, e raio hidráulico, em função da profundidade do leito. Além disso, conforme mostra a figura anterior, cada seção transversal irregular pode possuir uma seção lateral cujo coeficiente de rugosidade de Manning (do lado direito como do lado esquerdo) pode ser diferente daquele do canal principal. Esta última condição permite realizar estimativas mais realistas do transporte em canais com grandes vazões.

### 3.3.6 Contribuições Externas de Vazão

Além das vazões provenientes do escoamento superficial e das águas subterrâneas das sub-bacias, os nós do sistema de drenagem podem receber outros três tipos de contribuições externas de vazão:

- > Contribuições diretas de vazão. Tratam-se de séries temporais de valores de vazões que entram diretamente no nó definido pelo usuário. Podem ser utilizadas para executar o modelo hidráulico de transporte e de qualidade de água na



ausência de cálculos de escoamentos (tal como pode ocorrer em sistemas em que não se definem sub-bacias).

- > Vazões de tempo seco. São vazões contínuas que representam as contribuições de águas residuárias ao sistema de drenagem e os escoamentos de base em condutos e rios. Podem ser consideradas como vazões de referência dos condutos ou trechos de rios (ou canais naturais). São representadas por valores médios que podem ser ajustados periodicamente em base mensal, diária ou horária pela aplicação de um multiplicador padrão.
- > Infiltrações/Afluências dependendo da Chuva (RDII). Trata-se de vazões provenientes das águas da chuva que se introduzem nos sistemas de drenagem unitários ou separados, devido a contribuições diretas de descidas de calhas, drenos de fundação, bombas de evacuação, bem como das infiltrações de águas subsuperficiais através de fendas nos condutos, juntas desgastadas, conexões imperfeitas dos poços de visita etc. As vazões RDII podem ser calculadas para os dados de uma determinada chuva, com base em um conjunto hidrogramas unitários que estabelecem a resposta, a curto prazo, a médio prazo e a longo prazo, para cada intervalo de tempo da chuva. As vazões RDII podem também ser especificadas em um arquivo externo.

As contribuições diretas de vazões, vazões de tempo seco e RDII são propriedades associadas a cada tipo de nó do sistema de drenagem (nós de conexão, nós exutórios, divisores de fluxo e unidades de armazenamento) e podem ser especificadas ao serem editadas as propriedades do nó. Também é possível considerar as vazões de saída de um determinado sistema de drenagem, situado a montante, como entrada de outro sistema localizado a jusante. Para isto é necessário utilizar arquivos como interface de troca de informação. Mais detalhes sobre este aspecto podem ser vistos no item 11.8 deste manual.

### 3.3.7 Regras de Controle

As Regras de Controle determinam como bombas e elementos de regulação do sistema de drenagem serão regulados durante a simulação. Alguns exemplos deste tipo de regras são:

Controle direto temporal de uma bomba:

```
RULE R1
IF SIMULATION TIME
THEN PUMP 12 STATUS = ON
ELSE PUMP 12 STATUS = OFF
```

Controle múltiplo da abertura de um orifício:

```
RULE R2A
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0.5
```

```
RULE R2B
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 200
THEN ORIFICE R55 SETTING = 1.0
```

```
RULE R2C
IF NODE 23 DEPTH <= 12
OR LINK 165 FLOW <= 100
```



```
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0
```

Operação de uma Estação de Bombeamento:

```
RULE R3A
IF NODE N1 DEPTH > 5
THEN PUMP N1A STATUS = ON
```

```
RULE R3B
IF NODE N1 DEPTH > 7
THEN PUMP N1B STATUS = ON
```

```
RULE R3C
IF NODE N1 DEPTH <= 3
THEN PUMP N1A STATUS = OFF
AND PUMP N1B STATUS = OFF
```

Controle da altura do vertedor:

```
RULE R4
IF NODE N2 DEPTH >= 0
THEN WEIR W25 SETTING = CURVE C25
```

O Apêndice C.3 descreve com mais detalhes o formato que devem possuir estas regras de controle e o funcionamento do editor específico.

### 3.3.8 Agentes Poluentes

O programa SWMM permite simular a geração, entrada e transporte de qualquer número de poluentes definidos pelo usuário. A informação necessária para cada um destes agentes poluentes é:

- > Identificação do poluente.
- > Unidades de concentração (miligramas/litro, microgramas/litro, ou unidades/litro).
- > Concentração do poluente nas precipitações.
- > Concentração do poluente nas águas subterrâneas.
- > Concentração do poluente nos processos de entrada direta ou de infiltração.
- > Coeficiente de decaimento para a reação de primeira ordem.

No programa SWMM é possível definir, também, copoluentes (agentes poluentes associados). Por exemplo, um agente poluente X pode possuir um copolvente Y, o que significa que a concentração de X no escoamento superficial será adicionada de uma fração fixa da concentração do poluente Y.

A acumulação e a lixiviação de agentes poluentes nas sub-bacias são determinadas a partir dos usos do solo atribuídos a estas áreas. As entradas de cargas de agentes poluentes no sistema de drenagem podem também ser efetuadas mediante séries temporais de vazões externas, assim como mediante as vazões de tempo seco.

### 3.3.9 Usos do Solo

Os usos do solo são categorias de atividades desenvolvidas ou características superficiais do solo atribuídas às sub-bacias. Alguns exemplos de possíveis usos do solo são: uso residencial, industrial, comercial e sem ocupação. As características superficiais do solo incluem telhados, gramados, pavimentos, solos sem uso etc. Os usos do solo são utilizados somente no caso de considerar os fenômenos de acumulação e lixiviação de agentes poluentes nas sub-bacias.

O usuário do SWMM dispõe de múltiplas opções para definir os usos do solo e atribuir os mesmos às áreas das sub-bacias. Um procedimento possível consiste em atribuir um conjunto de diversos usos do solo para cada sub-bacia, o que resulta em que todos os usos do solo da sub-bacia tenham as mesmas características de áreas permeáveis e impermeáveis. Outro procedimento consiste em criar sub-bacias que tenham um único tipo de uso do solo bem como um conjunto específico de características permeáveis e impermeáveis que refletem a classificação.

Para cada tipo de uso do solo, os processos seguintes podem ser definidos:

- > Acumulação de agente poluente.
- > Lixiviação de agente poluente.
- > Limpeza de ruas.

#### Acumulação de Agentes Poluentes

A acumulação de agentes poluentes é descrita como uma massa por unidade de área das sub-bacias ou por unidade de comprimento do meio fio. A massa é expressa em libras, em unidades americanas, ou quilogramas, em unidades do sistema internacional. A quantidade de poluente acumulada é uma função do número de dias sem precipitação antecedentes à chuva e pode ser calculada mediante uma das seguintes expressões:

- > Função Potencia. A acumulação de poluentes (B) é proporcional ao tempo (t) elevado a uma potência, até que se alcança um determinado valor máximo.

$$B = \text{Min}(C_1, C_2 t^{C_3})$$

onde  $C_1$  é a acumulação máxima possível (massa por unidade de área),  $C_2$  é a constante de crescimento do poluente acumulado e  $C_3$  é o expoente do tempo.

- > Função Exponencial. A acumulação segue um crescimento exponencial que se aproxima assintoticamente a um determinado valor máximo.

$$B = C_1 (1 - e^{-C_2 t})$$

onde  $C_1$  é a acumulação máxima possível (massa por unidade de área) e  $C_2$  é a constante de crescimento do poluente acumulado (1/dia).

- > Função Saturação. A acumulação começa de forma linear e progressivamente diminui ao longo do tempo até alcançar um determinado valor de saturação.

$$B = \frac{C_1 \cdot t}{C_2 + t}$$

onde  $C_1$  é a acumulação máxima possível (massa por unidade de área) e  $C_2$  é a constante de semi-saturação (número de dias necessários para alcançar a metade da máxima acumulação possível).

- > Série temporal externa. Esta opção permite descrever a acumulação do agente poluente por meio de uma série temporal em base diária. Os valores admitidos na série temporal terão a unidade de massa, por unidade de área, por dia, ou massa por unidade de comprimento do meio fio, por dia. Com esta mesma opção pode-se também introduzir um valor máximo possível de acumulação (com as mesmas unidades) que será multiplicado por uma série temporal de fatores de escala.

### Lixiviação de Agentes Poluentes

A lixiviação de agentes poluentes, para uma determinada categoria de uso do solo, ocorre durante os períodos chuvosos e pode ser descrita mediante uma das seguintes formas:

- > Lixiviação Exponencial. A carga lixiviada ( $W$ ), em unidades de massa por hora, é proporcional ao produto do escoamento elevado a uma potência, pela quantidade de agente poluente ainda acumulado:

$$W = C_1 \cdot q^{C_2} \cdot B$$

onde  $C_1$  é o coeficiente de lixiviação,  $C_2$  o expoente de lixiviação,  $q$  o escoamento por unidade de área (polegadas/hora ou mm/hora) e  $B$  é a acumulação do agente poluente. A unidade de  $B$  é a unidade de massa sem ser dividida pela área da sub-bacia ou pelo comprimento do meio fio. As unidades de massa da lixiviação são as mesmas que as utilizadas para expressar as concentrações de poluentes (miligramas, microgramas ou unidades).

- > Curva de Taxa de Lixiviação. A taxa de lixiviação ( $W$ ), em unidades de massa por segundo, é proporcional à vazão de escoamento, elevado a uma potência:

$$W = C_1 \cdot Q^{C_2}$$

onde  $C_1$  é o coeficiente de lixiviação,  $C_2$  o expoente de lixiviação, e  $Q$  o escoamento nas unidades definidas pelo usuário.

- > Concentração Média do Evento. Trata-se de um caso especial da curva de taxa de lixiviação onde o expoente é 1.0 e o coeficiente  $C_1$  representa a concentração de poluente lixiviado em unidades de massa por litro. Note que a conversão entre as unidades de vazão definidas pelo usuário para o escoamento e os litros se realiza internamente no SWMM.

Pode-se notar que em qualquer dos três casos a acumulação de poluente diminui conforme ocorre a lixiviação. Desta forma, o processo de lixiviação finaliza quando não existe mais poluente acumulado.

As cargas de lixiviação, para um determinado poluente e uma determinada categoria de uso do solo, podem ser reduzidas de uma porcentagem fixa, bastando especificar o Rendimento de Eliminação associado a uma BMP (Prática de Boa Gestão). Este valor reflete a efetividade de qualquer dos controles por BMP associada com o uso do solo. Também é possível utilizar a opção Concentração Média do Evento, sem necessidade de modelar nenhuma acumulação de poluente.

## Varrição de Ruas

A varrição da rua pode ser utilizada periodicamente em todos os tipos de solo para reduzir a acumulação de determinados agentes poluentes. Os parâmetros que descrevem a varrição de ruas são:

- > Dias entre varrições consecutivas.
- > Dias desde a última varrição e o início da simulação.
- > A fração de todos os poluentes acumulados potencialmente elimináveis mediante a varrição de ruas.
- > A fração do poluente potencialmente eliminável que é eliminada de fato mediante a varrição.

Note que estes parâmetros podem ser diferentes para cada tipo de uso do solo, e o último parâmetro pode variar, também, dependendo do agente poluente.

### 3.3.10 Tratamento

A remoção dos agentes poluentes do fluxo que entra em um dos nós de um sistema de drenagem é modelada atribuindo-se uma série de funções de tratamento às características do nó. Uma função de tratamento pode ser qualquer expressão matemática que inclua:

- > A concentração do poluente de qualquer mistura que entra no nó (utilizar o nome do poluente para representar sua concentração).
- > As quantidades removidas dos outros poluentes. Para isto, utilizar o prefixo **R\_** (R com *underline*) diante do nome do poluente para representar Remoção.
- > Qualquer das variáveis seguintes que descreve o processo:
  - **FLOW** para a vazão que entra no nó (nas unidades de vazão definidas pelo usuário).
  - **DEPTH** para a profundidade de água com respeito ao radier do nó (em pés ou metros).
  - **AREA** para a superfície do nó (em pés quadrados ou metros quadrados).
  - **DT** para o passo de tempo do módulo de transporte hidráulico, expresso em segundos.
  - **HRT** para o tempo de permanência (expresso em horas).

O resultado de uma função de tratamento pode ser uma concentração (denominada pela letra **C**) ou a fração removida do poluente (denominada pela letra **R**). Por exemplo, uma expressão de decaimento de primeira ordem para a DBO proveniente de um armazenamento poderia expressar-se da seguinte forma:

$$C = DBO * \exp(-0.05 * HRT)$$

Outro exemplo poderia ser a remoção de um elemento *trace* (não reagente) que seria proporcional à remoção de sólidos totais dissolvidos (TSS):

$$R = 0.75 * R\_TSS$$

### 3.3.11 Curvas

O objeto Curvas é definido pelo SWMM para estabelecer a relação entre duas variáveis. Os diferentes tipos do objeto curvas disponíveis no SWMM são:

- > **Armazenamento:** descreve como varia a superfície de uma unidade de armazenamento, representada em um nó unidade de armazenamento, com a profundidade de água no mesmo.
- > **Forma:** descreve como a largura de uma seção transversal personalizada varia em função da profundidade em um coletor.
- > **Divisor:** expressa a relação entre o fluxo de saída de um divisor de fluxo, representado pelo nó divisor de fluxo com respeito à vazão de entrada do nó.
- > **Maré:** descreve como a altura da maré varia em um nó Exutório a cada hora do dia.
- > **Bomba:** estabelece a relação entre a vazão que atravessa o objeto Bomba com a profundidade ou o volume no nó de montante, ou mesmo com a carga (altura manométrica) proporcionada (curva característica) da bomba.
- > **Descarga:** relaciona a vazão de um bocal com a diferença de altura ou com a carga hidráulica acima da linha do centro.
- > **Controle:** determina como a característica de controle de uma bomba ou de um regulador varia com uma variável de controle (por exemplo, um nível de água) especificada na respectiva Regra de Controle.

A cada objeto Curva deve ser atribuído um único identificador, mas pode lhe atribuir qualquer número de pares de dados.

### 3.3.12 Série Temporal

Os objetos Série Temporal descrevem determinadas propriedades de alguns objetos do projeto que variam com o tempo. As séries temporais podem ser utilizadas para descrever e inserir no modelo:

- > Dados de temperatura.
- > Dados de evaporação.
- > Dados de precipitação.
- > Níveis d'água nos nós de descarga.
- > Hidrogramas externos de entrada de vazão no sistema de drenagem através dos nós.
- > Polutogramas externos de entrada de agentes poluentes no sistema de drenagem através dos nós.
- > Configurações de controle de bombas e reguladores de fluxo.

A cada objeto série temporal deve ser atribuído um único identificador, mas pode lhe atribuído qualquer número de pares de dados temporais. O tempo pode ser especificado em número de horas, desde o início da simulação, ou por meio de uma referência absoluta expressa pela data e pela hora.



Para as séries temporais de chuva só é necessário introduzir os períodos nos quais a chuva é não nula. O SWMM interpreta que o valor introduzido da chuva é constante, ao longo do intervalo de tempo especificado, para o pluviômetro correspondente a esta série temporal. Para outros tipos de séries temporais, o SWMM realiza uma interpolação para estimar os valores situados em instantes de tempo intermediários aos registrados.



Para valores de tempo que caem fora do intervalo definido para a série temporal, o SWMM utiliza o valor zero para as séries temporais de chuva e de contribuições externas de vazão, assim como o primeiro ou o último dos valores da série temporal para o caso de séries temporais de dados de temperatura, de evaporação e de nível d'água.

### 3.3.13 Padrões Temporais

Os objetos Padrões Temporais permitem que os fluxos externos em tempos secos variem de forma periódica. Consistem de coeficientes multiplicadores aplicados a valores de referência de fluxos ou concentrações de agente poluentes afluentes ao sistema de drenagem em períodos sem chuva. Os diferentes tipos de padrões temporais são:

- > **Mensal:** que define um multiplicador para cada um dos meses do ano.
- > **Diário:** que define um multiplicador para cada um dos dias da semana.
- > **Horário:** que define um multiplicador para cada hora do dia entre as 12 AM e as 11 PM.
- > **Fim de Semana:** que define os multiplicadores horários dos dias correspondentes ao fim de semana.

Cada padrão temporal deve possuir um único identificador, não existindo limite ao número de padrões a serem criados. Cada um dos fluxos de entrada em tempo seco (tanto fluxo de vazão como fluxo de agentes poluentes) pode dispor de até quatro padrões, um para cada um dos tipos definidos anteriormente.

### 3.3.14 Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID)

Os objetos Controles por Dispositivos de Baixo Impacto são projetados para subtrair parte do escoamento superficial por meio de processos artificiais combinados de retenção, infiltração e evapotranspiração. São propriedades de uma sub-bacia e são tratados da mesma forma que os objetos aquíferos ou acumulação de neve. O SWMM pode modelar especificamente cinco tipos de dispositivos:

- > **Bacias de Filtração.** São depressões artificiais que contêm vegetação plantada em um solo preparado especificamente para remover sedimentos e agentes poluentes de um determinado escoamento superficial. Sob o solo, instala-se uma vala de drenagem com cascalhos. Elas possuem também a função de armazenar, infiltrar e evapotranspirar a água proveniente diretamente da chuva ou do escoamento superficial. Jardins e canteiros de rua, assim como tetos vegetados, são exemplos de bacias de filtração.
- > **Trincheiras de Infiltração.** São valas escavadas a jusante de uma área impermeável preenchidas com pedras e cascalhos. Elas permitem o armazenamento, e posterior infiltração no solo, da água da chuva escoada, proporcionando um amortecimento da onda de cheia.

- > **Pavimentos Permeáveis.** São superfícies que foram escavadas, preenchidas com cascalhos e posteriormente pavimentadas com concreto poroso, asfalto poroso ou elementos vazados. Normalmente toda chuva atravessa imediatamente o pavimento permeável, infiltra-se através do leito de cascalhos e percola no solo natural à taxa de infiltração do respectivo solo. Os elementos vazados são elementos de pedra ou de concreto impermeável, dispostos sobre uma camada de areia, no meio dos quais há espaços preenchidos com areia ou cascalhos para permitir a infiltração. A água da chuva é capturada pelo elemento vazado, conduzida para o leito de areia e posteriormente infiltrada no solo.
- > **Cisternas.** Coletam a água da chuva escoada do teto das casas ou dos edifícios, permitindo a sua posterior utilização.
- > **Vales de Infiltração sem Drenos.** São canais ou depressões com as paredes laterais inclinadas, recobertas por grama ou vegetação, que têm a função de armazenar e retardar o escoamento da água da chuva, proporcionando um tempo maior para a sua infiltração no solo.

Bacias de filtração, trincheiras de infiltração e pavimentos permeáveis podem também ser equipados com drenos subterrâneos (drenos profundos) instalados no leito de areia e cascalho que conduzem a água capturada para fora da área, em vez de deixá-la se infiltrar no solo natural. Podem também repousar sobre uma superfície impermeável que previna toda infiltração no solo natural. As trincheiras de infiltração e os elementos vazados podem estar sujeitos a uma diminuição progressiva de sua condutividade hidráulica por colmatação. Certos dispositivos de baixo impacto têm também a função de reduzir a carga de agentes poluentes da água infiltrada; tal fenômeno não é ainda considerado no modelo SWMM.

Existem duas maneiras de introduzir controles por dispositivos de baixo impacto, LIDs:

- > Colocar um ou mais controles em uma sub-bacia.
- > Criar uma nova sub-bacia exclusivamente para um controle.

A primeira maneira listada acima permite alocar diversos tipos de controles a uma determinada sub-bacia, cada uma interferindo no escoamento da porção não controlada da sub-bacia. Observa-se que com esta opção os controles trabalham em paralelo, não podem atuar em série, isto é, a saída de um controle servir como entrada para outro controle. Também, após colocar os controles na sub-bacia, há necessidade de ajustes nas propriedades relativas ao porcentual de áreas impermeáveis e à largura do escoamento para compensar a área total da sub-bacia que, agora, está ocupada pelos controles (ver Figura 3.5). Por exemplo, admite-se que uma sub-bacia possui originalmente 40% de sua área impermeável e que 75% desta seja equipada agora com pavimentos permeáveis. Após a adição do controle, a porcentagem de área impermeável deverá ser modificada para a porcentagem de área impermeável restante na porção da sub-bacia não ocupada pelo controle. Isto é:  $(1-0,75) \times 40 / (100-0,75 \times 40)$  ou 14,3%.

### 3.4 Métodos Computacionais

O SWMM é um modelo de simulação física que utiliza soluções discretas ao longo do tempo. Utiliza os princípios de conservação de massa, de energia e da quantidade de movimento quando apropriado. Nesta seção são descritos, brevemente, os diferentes métodos empregados pelo SWMM para modelar a quantidade e a qualidade do escoamento derivado da chuva, por meio dos seguintes processos físicos:



- > Escoamento superficial.
- > Infiltração.
- > Águas subterrâneas.
- > Degelo de neve.
- > Propagação de fluxos.
- > Inundações e alagamentos à superfície do terreno.
- > Comportamento e evolução da qualidade da água.

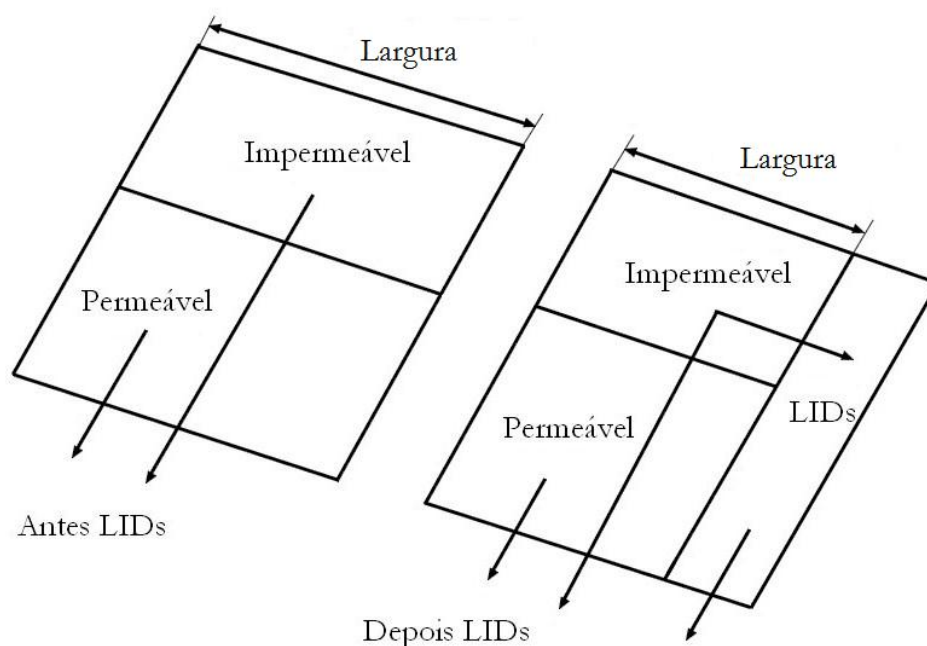


Figura 3.5 - Ajuste dos parâmetros da sub-bacia após a introdução de Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LIDs)

### 3.4.1 Escoamento Superficial

A visão conceitual do fenômeno do escoamento superficial utilizado pelo SWMM é ilustrada na Figura 3.6. Cada sub-bacia é tratada como um reservatório não linear. As contribuições são provenientes dos diferentes tipos de precipitação (chuva, neve) e de qualquer outra sub-bacia situada a montante. Existem diversos fluxos de saída como a infiltração, a evaporação e o escoamento superficial. A capacidade deste “reservatório” é o valor máximo do armazenamento em depressões, que é o valor máximo armazenável à superfície por alagamento, encharcamento e interceptação. O escoamento superficial por unidade de área “ $Q$ ” ocorre somente quando a profundidade da água neste “reservatório” excede o valor máximo do armazenamento em depressões “ $d_p$ ”. Neste caso, “ $Q$ ” é calculado pela equação de Manning. A lâmina de água no reservatório “ $d$ ” (em pés ou metros) na sub-bacia é recalculada de forma contínua, no tempo  $t$  (em segundos) mediante a resolução numérica do balanço hídrico na sub-bacia.



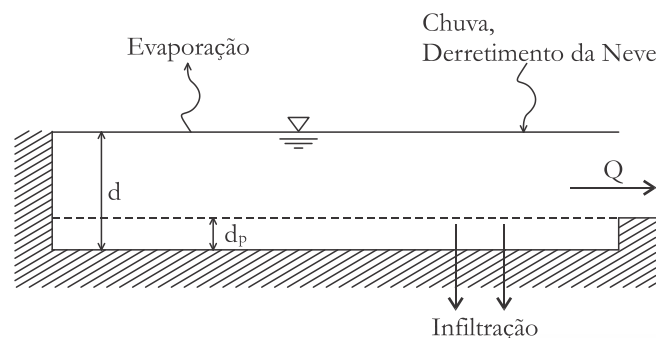


Figura 3.6 - Visão conceitual do fenômeno do escoamento em SWMM

### 3.4.2 Infiltração

A infiltração é o fenômeno pelo qual a água da chuva penetra na zona não saturada do solo da área permeável da sub-bacia. O SWMM permite selecionar três modelos de infiltração:

- > A Equação de Horton. Este método se baseia em observações empíricas, mostrando que a infiltração decresce exponencialmente desde um valor inicial máximo até um certo valor mínimo ao longo do evento da chuva. Os parâmetros de entrada, necessários para este método, são as taxas de infiltração máxima e mínima, o coeficiente de decaimento que descreve o quanto a infiltração decresce rapidamente ao longo do tempo e o tempo necessário para secar totalmente um solo completamente saturado.
- > O Método Green-Ampt. Para modelar o fenômeno da infiltração este método assume a existência de uma frente de umedecimento na coluna de solo, separando uma camada do solo com a umidade inicial de outra camada situada na parte superior onde o solo é saturado. Os parâmetros necessários são o valor do déficit inicial de umidade do solo, a condutividade hidráulica do solo e o potencial matricial na frente de umedecimento.
- > O Método do SCS. Este método é uma aproximação adotada a partir da denominada Curva-Número (CN) do NRCS (National Resources Conservation Service) para estimativa do escoamento superficial. Considera-se que a capacidade total de infiltração do solo pode ser obtida da tabela de Curva-Número (CN). Durante um evento de chuva esta capacidade é deplecionada em função da chuva acumulada e da capacidade de infiltração remanescente. Os parâmetros de entrada para este método são o número CN e o tempo que leva um solo saturado para secar completamente.

O SWMM também permite ajustar a taxa de recuperação de infiltração a um valor fixo, em uma base mensal, para contabilizar a variação sazonal da taxa de evaporação dos níveis das águas subterrâneas. Este modo operacional, opcional e mensal, é especificado com os dados de evaporação do projeto.

### 3.4.3 Águas Subterrâneas

A figura 3.7 mostra, de forma esquemática, o modelo de águas subterrâneas das duas zonas, utilizado pelo SWMM. A parte superior é a zona não saturada do solo, na qual a umidade

do solo,  $\theta$ , varia. A parte inferior encontra-se completamente saturada e por isto sua umidade relativa é igual à porosidade do solo,  $\phi$ . Os fluxos mostrados na figura, expressos em volume por unidade de área e de tempo, são os seguintes:

- >  $f_i$ : Infiltração desde a superfície.
- >  $f_{EU}$ : Evapotranspiração desde a zona superior, que é uma fração fixa da evaporação do solo não ocupado.
- >  $f_U$ : Percolação da zona superior para a zona inferior, que depende da umidade do solo não saturado e da profundidade  $d_U$ .
- >  $f_{EL}$ : Evapotranspiração a partir da zona inferior, que é uma função da profundidade da zona superior  $d_U$ .
- >  $f_L$ : Percolação da zona inferior para as águas subterrâneas profundas, que depende da profundidade da zona inferior  $d_L$ .
- >  $f_G$ : A troca de águas subterrâneas com o sistema de drenagem, que depende da profundidade da zona inferior  $d_L$ , assim como da profundidade do canal receptor ou do nó receptor.

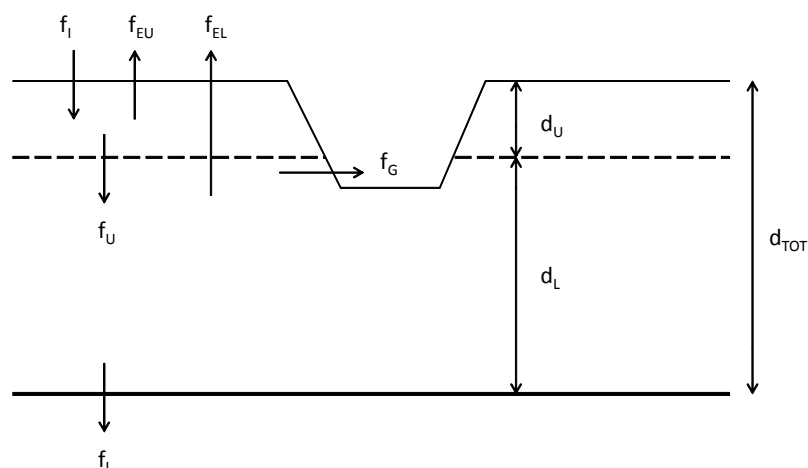


Figura 3.7 - Modelo de águas subterrâneas de duas zonas

Após calcular os fluxos de água produzidos em um determinado instante de tempo, realiza-se um balanço de massa para atualizar os volumes acumulados em cada uma das zonas, de forma que se possa calcular, no passo de tempo seguinte, uma nova lâmina d'água da zona saturada e nova umidade da zona não saturada.

### 3.4.4 Degelo

As rotinas para o cálculo do degelo de neve no SWMM fazem parte do processo de modelagem do escoamento. Para isto calculam-se os volumes dos pacotes de neve acumulados na sub-bacia, considerando a acumulação de neve, a redistribuição dos pacotes de neve devido à taxa de redução da área coberta por neve e a processos de remoção mecânica e o degelo da neve por meio de um balanço de energia. Os fluxos de água oriundos do degelo que provêm de outras sub-bacias são tratados como chuvas adicionais na sub-bacia.

Para cada instante de cálculo do escoamento, realizam-se os seguintes cálculos:

1. Atualizam-se os coeficientes de temperatura do ar e do degelo, de acordo com a data do calendário.

2. Qualquer precipitação produzida em forma de neve é acrescentada ao módulo de neve.
3. Qualquer quantidade de neve acumulada em áreas onde a neve é removida mecanicamente é redistribuída de acordo com os parâmetros de remoção definidos no objeto acumulação de neve.
4. As áreas cobertas de neve, da zona permeável e da zona impermeável da sub-bacia são reduzidas de acordo com a curva de depleção da superfície de neve em função da profundidade da mesma (curva de depleção).
5. A quantidade de neve que se derrete dentro do módulo e se converte em água líquida é determinada através de:
  - a) Uma equação do balanço de energia durante os períodos de chuva, onde a velocidade de derretimento aumenta com a temperatura do ar, com a velocidade do vento e com a intensidade da chuva.
  - b) Uma equação usada durante os períodos sem chuva, onde a velocidade de derretimento da neve é igual ao produto do coeficiente de degelo pela diferença de temperaturas entre o ar e a de degelo da neve.
6. Caso não ocorra derretimento, o valor da temperatura do pacote de neve é ajustado para cima ou para baixo de acordo com o produto da diferença de temperaturas do ar entre o valor atual e o valor anterior por um coeficiente de degelo ajustado. Caso ocorra o degelo, a temperatura do pacote de neve é aumentada por um valor equivalente à entalpia de degelo da neve até alcançar a temperatura de degelo da base. Qualquer quantidade de líquido gerada durante este processo se converte em escoamento.
7. A quantidade de degelo de neve é reduzida de uma quantidade igual à capacidade de retenção de água livre na neve. O resto é tratado como se fosse uma chuva adicional que cai sobre a sub-bacia.

### 3.4.5 Modelo de Transporte Hidráulico

O transporte de água em um conduto está regido pelas equações de conservação de massa e da quantidade de movimento, para fluxo gradualmente variado não permanente (isto é, as equações de Saint Venant). O usuário do SWMM pode selecionar o nível de sofisticação que deseja para resolver estas equações. Por tanto, existem três modelos hidráulicos de transporte:

- > O Fluxo em Regime Uniforme.
- > A Onda Cinemática.
- > A Onda Dinâmica.

#### Fluxo em Regime Uniforme

O modelo de fluxo em regime uniforme representa a forma mais simples de transporte da água (na realidade não há propagação de vazões). Para isto, considera-se que em cada intervalo de tempo de cálculo o escoamento é uniforme e permanente. Desta forma, o modelo simplesmente transfere o hidrograma de entrada no nó de montante do conduto para o nó de jusante, sem atraso ou mudança na sua forma. Para relacionar a vazão com a área e a profundidade no conduto emprega-se a equação de Manning.

Este tipo de modelo de propagação não pode levar em conta o armazenamento de água que se produz nos condutos, o ressaltado hidráulico, perdas na entrada e na saída, efeitos de

remanso e o fluxo pressurizado. Só pode ser utilizado em sistemas ramificados, onde cada nó possui somente um único conduto de saída (a menos que o nó seja um divisor em cujo caso se requer duas tubulações de saída). Este modelo de análise é insensível ao incremento de tempo selecionado e só é apropriado para realizar análises preliminares utilizando simulações contínuas de longo prazo.

### Modelo da Onda Cinemática

Este modelo de transporte hidráulico resolve a equação da continuidade junto com uma forma simplificada da equação da quantidade de movimento em cada um dos condutos. Ele requer que a declividade da superfície livre da água seja igual à declividade do fundo do conduto.

A vazão máxima que pode fluir pelo interior de um conduto é a vazão do tubo cheio, determinada pela equação de Manning. Qualquer excesso de vazão acima deste valor, no nó de entrada do conduto, é perdida para o sistema ou pode alagar a superfície do nó de entrada, reentrando posteriormente no sistema quando a capacidade do conduto o permitir.

O modelo da onda cinemática permite que a vazão e a área variem no espaço e no tempo no interior do conduto. Isto pode resultar em amortecimento e defasagem nos hidrogramas de saída com respeito aos hidrogramas de entrada nos condutos. No entanto, neste modelo de transporte não se podem simular efeitos como o ressalto hidráulico, as perdas nas entradas e saídas, o efeito de remanso ou o fluxo pressurizado. Sua aplicação está restrita a redes ramificadas. Como prática geral, pode se manter uma estabilidade numérica adequada com incrementos de tempo de cálculo relativamente grandes, da ordem de 5 a 15 minutos. Caso alguns dos efeitos especiais mencionados anteriormente não se apresentem no sistema ou não são significativamente importantes, o modelo da onda cinemática é uma alternativa suficientemente precisa e eficiente para o modelo de transporte com tempos longos de simulação.

### Modelo da Onda Dinâmica

O modelo de transporte da Onda Dinâmica resolve as equações completas unidimensionais de Saint Venant e, portanto, teoricamente, gera resultados mais precisos. Esta equação resulta da aplicação da equação da continuidade e da quantidade de movimento nos condutos e da equação da continuidade dos volumes nos nós.

Com este modelo de transporte é possível representar o fluxo pressurizado quando um conduto fechado se encontra completamente cheio, de forma que a vazão que circula pelo mesmo pode ultrapassar o valor de vazão do tubo completamente cheio, obtido através da equação de Manning. Inundações ocorrem no sistema quando a profundidade da água nos nós excede o valor máximo disponível nos mesmos. O excesso de vazão gerado pode ser perdido ou empoçar na parte superior do nó, reentrando posteriormente no sistema de drenagem.

O modelo de transporte da Onda Dinâmica pode levar em conta o armazenamento nos condutos, o ressalto hidráulico, as perdas nas entradas e saídas dos condutos, o remanso e o fluxo pressurizado. Considerando que o modelo calcula, de forma simultânea, os valores dos níveis de água nos nós e as vazões nos condutos, ele pode ser aplicado para qualquer tipo de traçado da rede de drenagem, mesmo àquele que contém nós com múltiplos divisores de fluxo a jusante ou às redes malhadas. Trata-se do método de resolução adequado para sistemas em que são importantes os fenômenos de ressalto hidráulico e remanso, originados por controles a jusante ou pela presença de elementos de regulação tais como orifícios e vertedores. O custo que geralmente é necessário se pagar pelo emprego deste método é a necessidade de utilizar incrementos de tempo de cálculo muito menores, da ordem de 1 minuto ou menos. Durante o cálculo, o SWMM reduzirá

automaticamente o incremento de tempo de cálculo máximo definido pelo usuário, para manter a estabilidade numérica da análise.

Cada um destes métodos de transporte hidráulico utiliza a equação de Manning para relacionar vazão à profundidade do escoamento, à inclinação do conduto ou à linha de água. Uma exceção é o caso dos escoamentos pressurizados em condutos circulares, onde as equações de Hazen-Williams ou de Darcy-Weisbach são utilizadas.

### 3.4.6 Alagamento

Normalmente, nos modelos de transporte, quando a vazão em uma conexão do sistema excede a capacidade máxima a jusante, produz-se um volume em excesso que será perdido. Uma opção, que o programa apresenta, consiste em armazenar este excesso de volume na parte superior do nó, em forma de um alagamento de água, de forma que ele retorna ao sistema quando sua capacidade permitir. Nos modelos do regime uniforme e da onda cinemática, a água acumulada simplesmente se armazena como um excesso de volume. No caso do modelo da onda dinâmica, onde a propagação do fluxo está condicionada pelos níveis de água nos nós, este excesso de volume constitui-se em um volume de inundação na parte superior do nó, com uma área superficial constante, o qual gera uma carga suplementar. Esta área superficial, de valor constante, é um parâmetro atribuído ao nó.

Alternativamente, o usuário pode desejar representar o fluxo de inundação na superfície, de forma explícita. No caso de canais abertos, isto pode incluir a inundação de estradas com pontes ou travessias por cima de bueiros ou planícies inundáveis. Nos condutos fechados, as inundações à superfície podem ocorrer nas ruas, becos, ou em outras vias superficiais que carregam a água até outra entrada disponível do sistema de drenagem. As inundações nas superfícies, também, podem escoar para depressões do terreno tais como estacionamentos, sótãos, quintais ou áreas similares.

### 3.4.7 Modelo de Qualidade da Água

O modelo de qualidade da água no interior de um conduto considera que este se comporta como um tanque de mistura com fluxo permanente. Ainda que a consideração de um reator de fluxo em pistão possa parecer uma suposição mais realista, as diferenças entre ambos os modelos são pequenas se os tempos de trajeto da água, ao longo do conduto, são da mesma ordem de magnitude do passo de tempo do modelo hidráulico de transporte. A concentração de um determinado componente no final de um conduto, em um determinado instante, obtém-se mediante a integração da equação de conservação de massa, utilizando valores médios, durante o passo de tempo, para as grandezas que variam ao longo do tempo, tais como a vazão e o volume de água no conduto.

A modelagem da qualidade da água dentro dos nós do tipo “unidades de armazenamento” utiliza a mesma metodologia empregada para os cálculos em condutos. Para outros tipos de nós, que não possuem volume, a qualidade da água que sai do nó é simplesmente a concentração das misturas de água que entram no mesmo.

### 3.4.8 Representação do Objeto LID

Os controles LID (Low Impact Development Practices) são representados pela combinação de camadas verticais cujas propriedades são definidas por unidades de área. Isto permite que LIDs com mesmo projeto, mas com área de cobertura diferente, sejam facilmente colocados em diferentes sub-bacias da área de estudo. Durante a simulação, o modelo SWMM realiza o balanço hídrico, determinando o que escoar de uma camada para a outra e o que é armazenado em uma camada. Como exemplo, as camadas utilizadas para

modelar uma bacia de filtração e o caminho percorrido pela água entre essas camadas são representadas na Figura 3.8.

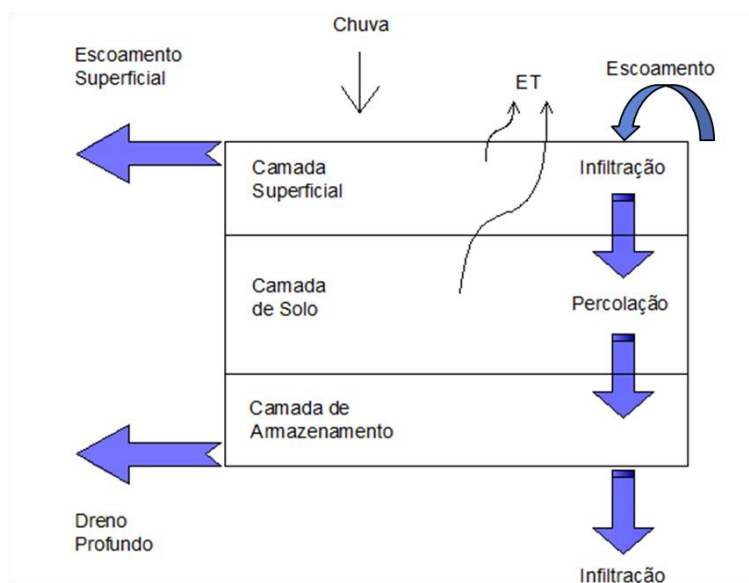


Figura 3.8 - Representação conceitual de um controle LID – Bacia de Filtração

As diferentes camadas possíveis de um controle LID no SWMM são:

- > A **camada superficial** que corresponde ao terreno superficial (ou pavimentação) que recebe diretamente a precipitação e o escoamento das áreas de montante, armazena o excesso de afluência em depressões, e gera escoamentos que afluem para o sistema de drenagem ou para áreas de jusante.
- > A **camada pavimento** é a camada de concreto ou asfalto poroso - usado em sistemas de pavimentação porosa - ou são blocos de pavimentação e material de preenchimento usado em sistemas modulares.
- > A **camada de solo** é o solo especificamente preparado para manter o crescimento vegetal em bacias de filtração.
- > A **camada de armazenamento** é o leito de britas, seixos ou cascalhos usado em bacias de filtração, trincheiras de infiltração ou pavimentos porosos. No caso de uma cisterna, ela representa a própria cisterna.
- > O **dreno profundo** transporta a água que provém do leito de britas, seixos ou cascalhos da bacia de filtração, do pavimento poroso ou da trincheira de infiltração para um conduto ou uma caixa de contenção. No caso de cisterna, representa simplesmente a válvula de saída da cisterna.

A Tabela 3.3 indica qual a combinação de camadas utilizada para cada tipo de controle LID (“x” significa requerido, “o” significa opcional).

Todos os controles LID proporcionam algum tipo de armazenamento e evaporação (com exceção da cisterna). A infiltração ocorre no solo natural dos vales de infiltração e pode ocorrer também nas bacias de filtração, nas trincheiras de infiltração e nos sistemas de pavimentos porosos, a menos que estes estejam equipados de um fundo impermeabilizado. Em trincheiras de infiltração e sistemas de pavimentos porosos, pode ocorrer colmatação, o que reduz a sua respectiva condutividade hidráulica ao longo do tempo, de forma proporcional à carga hidráulica acumulada sobre a trincheira ou ao sistema de pavimentos porosos.

Tabela 3.3 - Camadas utilizadas na modelagem de diversos controles LID

Controle LID	Superfície	Pavimento	Solo	Armazenamento	Dreno profundo
Bacia de filtração	x		x	x	o
Pavimento poroso	x	x		x	o
Trincheira de infiltração	x			x	o
Cisterna				x	x
Valas de infiltração	x				

O desempenho dos controles LID de uma sub-bacia se reflete pela sua influência sobre o escoamento superficial, a infiltração e a evaporação apresentados no relatório do SWMM para aquela sub-bacia. No entanto, no relatório do estado existe uma seção dedicada ao resumo do desempenho de controles LIDs, que fornece um balanço hídrico completo para cada controle LID de uma sub-bacia. Os componentes deste balanço hídrico são: as vazões afluentes ao controle, a infiltração, a evaporação, o escoamento superficial, a vazão subtraída pelo dreno profundo e a água armazenada no início e no final do cálculo. Cada componente é expresso em milímetros (ou polegadas) sobre a área do controle LID. Opcionalmente, a série temporal inteira das taxas de fluxos e da umidade armazenada de um controle, selecionado em uma determinada sub-bacia, pode ser registrada em uma planilha acessível por outros programas (Excel, por exemplo) para efetuar gráficos e outras análises.



# 04 CAPÍTULO

## Janela Principal do SWMM

Este capítulo trata das características gerais do espaço de trabalho do SWMM. Descreve o menu principal, as barras de ferramentas, a barra de estado e as três janelas de uso mais frequente: o Mapa da Área de Estudo, o Painel de Navegação e o Editor de Propriedades. Também mostra como fixar as preferências do programa.

### 4.1 Visão Geral

A janela principal do EPA SWMM apresenta o aspecto mostrado na Figura 4.1. Ela é composta dos seguintes elementos de interação com o usuário: um Menu Principal, várias Barras de Ferramentas, uma Barra de Estado, um Mapa da área de Estudo, um Painel de Navegação e o Editor de Propriedades. Em seguida, faz-se uma descrição detalhada destes elementos.

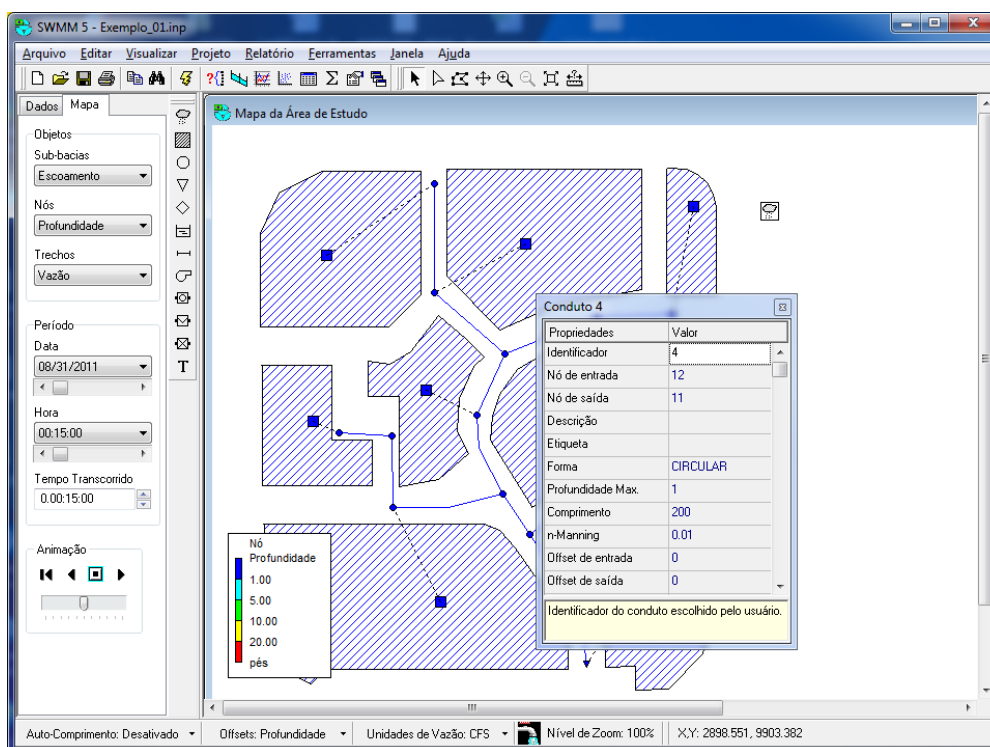


Figura 4.1 - Visão geral da área de trabalho do SWMM



## 4.2 O Menu Principal

A barra principal do EPA SWMM está situada na parte superior da janela principal, e contém uma coleção de menus utilizados para trabalhar com o programa. Estes menus incluem:

- > Menu Arquivo
- > Menu Editar
- > Menu Visualizar
- > Menu Projeto
- > Menu Relatório
- > Menu Ferramentas
- > Menu Janela
- > Menu Ajuda

### 4.2.1 Menu Arquivo

O Menu Arquivo contém comandos para abrir e salvar arquivos de dados, assim como para imprimir.

Comando	Descrição
Novo	Cria um novo projeto no EPA SWMM.
Abrir	Abre um projeto existente.
Reabrir	Reabre um projeto existente usado recentemente.
Salvar	Salva o projeto atual.
Salvar Como	Salva o projeto atual com um nome diferente.
Exportar	Exporta um mapa da área de estudo para diversos formatos; Exporta os resultados atuais para um arquivo de dados de inicialização rápida.
Combina	Combina duas interfaces de execução.
Configurar Página	Mostra a margem da página e a orientação para a impressão.
Visualizar Impressão	Mostra em tela como ficaria a impressão da página atual (mapa, relatório, gráfico ou tabela).
Imprimir	Imprime a página atual.
Sair	Sai do EPA SWMM.

### 4.2.2 Menu Editar

O Menu Editar contém comandos para editar e copiar.

Comando	Descrição
Copiar Para	Copia a janela ativa (mapa, relatório, gráfico ou tabela) para a área de transferência ou para um arquivo.
Selecionar Objeto	Permite a seleção de um objeto do mapa.
Selecionar Vértices	Permite a seleção dos vértices de uma sub-bacia ou de um trecho.
Selecionar Região	Permite ao usuário delimitar uma região no mapa, selecionando assim múltiplos objetos.
Selecionar Tudo	Permite selecionar todos os objetos quando a janela ativa é a do mapa, ou todas as células de uma tabela quando a janela ativa é a do relatório correspondente.
Localizar Objeto	Localiza no mapa um objeto específico pelo nome.
Localizar Texto	Localiza um texto específico no relatório do estado.
Editar Grupo	Edita uma propriedade para o grupo de objetos que se encontram dentro de uma região definida no mapa.
Excluir grupo	Exclui um grupo de objetos que se encontram dentro de uma região definida no mapa.

### 4.2.3 Menu Visualizar

O Menu Visualizar controla como se visualiza o mapa da área de estudo.

Comando	Descrição
Dimensões	Define as coordenadas de referência e as unidades de distância para o mapa de uma área de estudo.
Imagem de Fundo	Permite inserir, posicionar e apresentar uma imagem de fundo no mapa.
Mover	Desloca a vista ao longo do mapa.
Zoom Aproximar	Aproxima a vista de uma zona do mapa.
Zoom Distanciar	Distancia a vista de uma zona do mapa.
Mapa completo	Mostra uma vista completa do mapa.
Consulta	Destaca no mapa os objetos que atendem determinados critérios especificados pelo usuário.
Vista Panorâmica	Apresenta uma visão completa do mapa.
Objetos	Apresenta as classes de objetos do mapa.
Legendas	Apresenta as legendas do mapa.
Barras de ferramentas	Apresenta as barras de ferramentas.

### 4.2.4 Menu Projeto

O menu projeto mostra comandos relacionados com o projeto em análise.

Comando	Descrição
Resumo	Lista o número de cada tipo de objetos do projeto.
Detalhes	Mostra uma lista detalhada sobre todos os dados do projeto.
Configurações Pré-definidas	Edita as propriedades pré-definidas do projeto.
Dados de Calibração	Indica os arquivos com dados de calibração do projeto.
Executar Simulação	Executa a simulação.

### 4.2.5 Menu Relatório

O Menu Relatório consta de comandos utilizados para mostrar os resultados da análise em diversos formatos.

Comando	Descrição
Estado	Apresenta um relatório do estado da última simulação realizada.
Gráfico	Apresenta os resultados da simulação de forma gráfica.
Tabela	Apresenta os resultados da simulação em forma de tabela.
Estatísticas	Apresenta uma análise estatística dos resultados da simulação.
Personalizar	Personaliza o estilo da apresentação do gráfico ativo (em análise).

### 4.2.6 Menu Ferramentas

O Menu Ferramentas contém comandos usados para configurar as preferências do programa, opções de apresentação do mapa da área de estudos e ferramentas adicionais externas.

Comando	Descrição
Preferências do Programa	Define as preferências do programa, tais como tamanho de fonte, confirmação de exclusões, número de casas decimais a apresentar etc.
Opções do Mapa	Define as opções de aparências para o mapa, tais como tamanho do objeto, anotação, setas de direção de fluxos e cores de fundo do mapa.
Configuração de Ferramentas	Acrescenta, exclui ou modifica as ferramentas adicionais.

### 4.2.7 Menu Janela

O Menu Janela contém comandos para apresentar ou selecionar janelas dentro do espaço de trabalho do SWMM.

Comando	Descrição
Cascatas	Apresenta as janelas em estilo cascatas, com o mapa da área de estudo preenchendo toda a zona de visualização.
Mosaico	Minimiza o mapa da área de estudo e apresenta o resto de janelas, formando um mosaico vertical.
Fechar Tudo	Fecha todas as janelas abertas, exceto a do mapa da área de estudo.
Lista de janelas	Mostra todas as janelas abertas; a janela selecionada atualmente aparecerá marcada.

### 4.2.8 Menu Ajuda

O Menu Ajuda contém comandos para obter ajuda sobre o uso do EPA SWMM.

Comando	Descrição
Tópicos da Ajuda	Apresenta o índice do conteúdo da ajuda do SWMM.
Como Fazer	Apresenta perguntas típicas sobre as operações mais comuns.
Unidades de Medida	Mostra as unidades de medida para todos os parâmetros do SWMM.
Mensagens de Erro	Apresenta o significado de todas as mensagens de erro.
Tutorial	Apresenta um breve manual de introdução do EPA SWMM.
Sobre	Informação sobre a versão do EPA SWMM que está sendo utilizada

## 4.3 As Barras de Ferramentas

As barras de ferramentas proporcionam acesso direto às operações mais comuns. Existem três tipos de barras de ferramentas:






- > Barra Padrão
- > Barra de Mapa
- > Barra do Objeto











Todas as barras de ferramentas podem ser posicionadas abaixo do Menu Principal, à direita do Mapa da Área de Estudo, ou em qualquer localização da área de trabalho do EPA SWMM. Quando não estão posicionadas, elas podem ser redimensionadas.

Para visualizar as barras de ferramentas basta selecionar **Visualizar >> Barras de Ferramenta** no Menu Principal.

### 4.3.1 Barra de Ferramentas Padrão









A barra de ferramentas padrão contém botões de acesso rápido para as operações mais comuns do programa:

-  Cria um novo projeto (**Arquivo >> Novo**).
-  Abre um projeto existente (**Arquivo >> Abrir**).
-  Salva o projeto atual (**Arquivo >> Salvar**).
-  Imprime a janela atual (**Arquivo >> Imprimir**).
-  Copia a seleção atual para a área de transferência ou para um arquivo. (**Editar >> Copiar Para**).

-  Localiza um objeto específico no mapa da área de estudo (**Editar >> Localizar Objeto**) ou localiza um texto específico no Relatório do Estado (**Editar >> Localizar Texto**).
-  Executa uma simulação (**Projeto >> Executar Simulação**).
-  Realiza uma consulta gráfica no Mapa da área de Estudo (**Visualizar >> Consultar**).
-  Cria um gráfico em perfil com os resultados da simulação (**Relatório >> Gráfico >> Perfil**).
-  Representa graficamente uma série temporal de resultados da simulação (**Relatório >> Gráfico >> Série Temporal**).
-  Cria um gráfico de dispersão de resultados da simulação (**Relatório >> Gráfico >> Dispersão**).
-  Cria uma nova tabela com os resultados da simulação (**Relatório >> Tabela**).
-  Apresenta uma análise estatística dos resultados da simulação (**Relatório >> Estatística**).
-  Modifica as opções de apresentação para a janela ativa (**Ferramentas >> Visualizar Opções do Mapa** ou **Relatório >> Personalizar**).
-  Organiza as janelas em forma de cascatas, com o Mapa da área de Estudo preenchendo toda a zona de visualização (**Arquivo >> Cascatas**).



### 4.3.2 Barra de Ferramentas do Mapa











A barra de ferramentas do Mapa contém botões para visualizar o mapa da área de estudo:

-  Seleciona um objeto no mapa (**Editar >> Selecionar Objeto**).
-  Seleciona um vértice de um trecho ou de uma sub-bacia (**Editar >> Selecionar Vértice**).
-  Seleciona uma região do mapa (**Editar >> Selecionar Região**).
-  Desloca o mapa na área de estudo (**Visualizar >> Mover**).
-  Zoom aproximar no mapa (**Visualizar >> Zoom Aproximar**).
-  Zoom distanciar no mapa (**Visualizar >> Zoom Distanciar**).
-  Apresenta o mapa em toda sua extensão (**Editar >> Mapa Completo**).
-  Mede um comprimento ou uma área sobre o mapa.

### 4.3.3 Barra de Ferramentas Objeto

A Barra de Ferramentas Objeto contém botões para inserir objetos ao mapa da área de estudo.

-  Adiciona um pluviômetro ao mapa.
-  Adiciona uma sub-bacia ao mapa.

-  Adiciona um nó de conexão ao mapa.
-  Adiciona um nó exutório ao mapa.
-  Adiciona um divisor de fluxo ao mapa.
-  Adiciona uma unidade de armazenamento ao mapa.
-  Adiciona um conduto ao mapa.
-  Adiciona uma bomba ao mapa.
-  Adiciona um orifício ao mapa.
-  Adiciona um vertedor ao mapa.
-  Adiciona um bocal ao mapa.
-  Adiciona um texto ao mapa.

#### 4.4 A Barra de Estado

A Barra de Estado (ver Figura 4.2) aparece na parte inferior da janela principal do SWMM e se divide em seis seções:



Figura 4.2 - Barra de estado do SWMM

##### Auto-Comprimento

Indica se o cálculo automático do comprimento dos condutos e a área das sub-bacias encontram-se ativado ou desativado. Para ativar esta opção, basta clicar no botão direito do *mouse* sobre esta seção.

##### Offsets

Mostra se a posição dos trechos em relação ao radier do nó de conexão é indicada por uma altura acima do radier ou por meio da cota do trecho. Clique na caixa de opções para alterar esta opção. Em caso de alteração, uma caixa de diálogo será exibida perguntando se todos os *offsets* existentes no projeto atual devem ser alterados ou não (ou seja, converter alturas para cotas ou cotas para alturas, dependendo da opção escolhida).

##### Unidades de Vazão

Apresenta as unidades de vazão utilizadas. Clique na seta para alterar a escolha das unidades de vazão. Selecionando uma unidade de vazão em unidades americanas significará que todas as demais unidades da modelagem serão expressas no sistema americano de unidades; enquanto que a escolha de uma unidade de vazão no sistema métrico implicará que as demais grandezas serão expressas em unidades métricas. As unidades de dados previamente digitadas não são ajustadas automaticamente se o sistema de unidades for alterado.

## Estado da Execução

Um ícone de torneira mostra:

- > Sem água corrente, quando os resultados da simulação não estão disponíveis.
- > Com água corrente, quando os resultados da simulação estão disponíveis.
- > Uma torneira quebrada, quando os resultados da simulação estão disponíveis, mas podem não ser válidos porque os dados do projeto foram modificados.

## Nível de Zoom

Apresenta o nível de Zoom atual no mapa (100% corresponde ao mapa completo).

## Localização XY

Apresenta as coordenadas do ponteiro do *mouse* no mapa.

## 4.5 O Mapa da Área de Estudo

O Mapa da Área de Estudo (mostrado na Figura 4.3) representa uma planta baixa esquemática do sistema de drenagem com os objetos que o compõem. Suas características são:

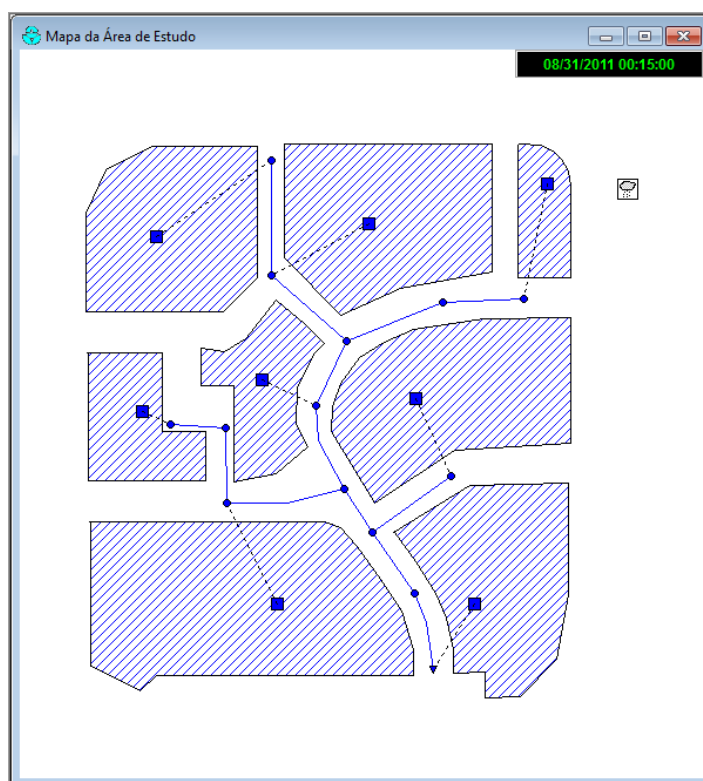


Figura 4.3 - Mapa da área de estudo

- > A localização dos objetos e as distâncias entre eles não têm que, necessariamente, coincidir com a escala física real.
- > As propriedades selecionadas destes objetos, como a qualidade da água nos nós ou a velocidade do fluxo nos trechos, podem ser apresentadas seguindo um código de cores. O código de cores é descrito em uma legenda que pode ser editada.

- > Podem-se inserir novos objetos ao Mapa e os já existentes podem ser editados, excluídos ou mudados de posição.
- > Podem ser utilizadas imagens de fundo (como mapas de ruas ou mapas topográficos), por trás do mapa do modelo, para servirem de referência.
- > Pode-se efetuar um zoom, a qualquer escala ou mover o mapa de uma posição para outra.
- > Os nós e os trechos podem ser representados com tamanhos distintos; podem-se representar setas de direção do fluxo, símbolos dos objetos, rótulos dos identificadores e os valores numéricos das distintas variáveis.
- > O mapa pode ser impresso, copiado para a área de transferência do Windows ou exportado como um arquivo do tipo DXF ou um arquivo-meta do Windows (EMF).







#### 4.6 Painel de Navegação de Dados

O Painel de Navegação de dados (mostrado na Figura 4.4) aparece quando a aba de Dados do painel, situado à esquerda da janela principal, do EPA SWMM encontra-se ativa. Ele proporciona acesso aos dados de todos os objetos do projeto. A altura da caixa de listagem no painel pode ser ajustada usando a barra de deslizamento, localizada logo abaixo da parte superior da caixa de listagem. A largura do Painel de Navegação, também, pode ser ajustada usando a barra de deslizamento localizada ao longo da borda direita.

A lista de categorias, da parte superior, apresenta as diversas classes de objetos disponíveis em um projeto do SWMM.

A lista da parte inferior enumera todos os objetos da categoria atualmente selecionada.

Os botões entre as duas caixas do painel de navegação de dados são utilizados como:

-  Adiciona um novo objeto
-  Exclui o objeto selecionado
-  Edita o objeto selecionado
-  Desloca-se para o objeto situado na lista acima
-  Desloca-se para o objeto situado na lista abaixo
-  Ordena os objetos na ordem crescente.

Selecionando-se um objeto no painel de dados, o mesmo é destacado no mapa e vice-versa. Por exemplo, ao selecionar um conduto no painel, ele será destacado no mapa, enquanto que selecioná-lo no mapa, o converterá no objeto destacado do painel.

#### 4.7 O Painel de Navegação do Mapa

O Painel de Navegação do Mapa (mostrado na Figura 4.5) aparece quando a aba de Mapa do painel, situado à esquerda da janela principal do EPA SWMM, encontra-se ativa. Ele controla as variáveis dos objetos e o período temporal de apresentação no Mapa. A largura do Painel de Navegação do Mapa pode ser ajustada usando a barra de deslizamento localizada ao longo da borda direita.

O Painel de Navegação do Mapa é constituído de três blocos que controlam quais resultados são mostrados no mapa:

- > O bloco Objetos permite a seleção de um conjunto de variáveis a serem visualizadas no mapa em diversas escalas de cores.
- > O bloco Período permite a seleção do período de tempo da simulação em que os resultados serão apresentados no mapa.
- > O bloco Animação permite a animação no mapa das variáveis selecionadas bem como dos gráficos em perfis.

O bloco Objetos do Painel de Navegação do Mapa (mostrado na Figura 4.6) é usado para selecionar uma variável a ser visualizada, por meio de escala de cores, no mapa da área de estudo.


- > Sub-bacias - seleciona a variável a apresentar para as sub-bacias mostradas no mapa.
- > Nós - seleciona a variável a apresentar para os nós do sistema de drenagem mostrados no mapa.
- > Trechos - seleciona a variável a apresentar para os trechos do sistema de drenagem mostrados no mapa.

O bloco Período do Painel de Navegação do mapa (mostrado na Figura 4.7) é usado para selecionar o período de tempo em que serão vistos os resultados por meio de escala de cores no mapa da área de estudo.

- > Data - seleciona o dia dos resultados da simulação.
- > Hora - seleciona a hora do dia dos resultados da simulação.
- > Tempo Transcorrido - seleciona o tempo transcorrido desde o início da simulação.

O bloco Animação do Painel de Navegação do mapa (mostrado na Figura 4.8) contém controles para animação do mapa da área de estudo, bem como de todos os gráficos em perfis ao longo do tempo. Isto é, as cores das variáveis, bem como as linhas representando as cargas hidráulicas nos gráficos em perfis, são automaticamente modificadas para cada intervalo de tempo da simulação, podendo ser feita para frente ou para traz.

## 4.8 O Editor de Propriedades

O Editor de Propriedades (Figura 4.9) é utilizado para alterar as propriedades dos objetos que aparecem no mapa da área de estudo. Ele aparece ao clicar duas vezes com o botão esquerdo do *mouse*, quando um destes objetos é selecionado (no mapa ou no painel de navegação de dados) ou quando se clica o botão  no painel de navegação de dados.



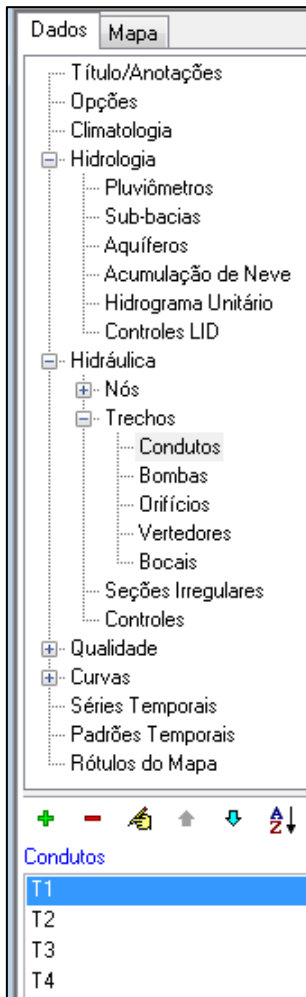


Figura 4.4 - Painel de Navegação de Dados



Figura 4.5 – Painel de Navegação do Mapa

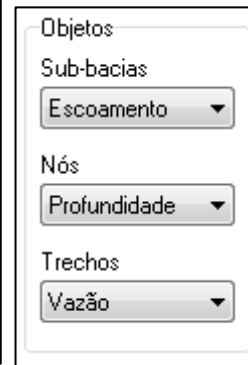


Figura 4.6 – Bloco Objetos



Figura 4.7 – Bloco Período

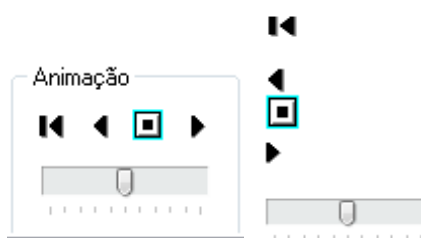


Figura 4.8 – Bloco Animação

Retorna ao início da simulação  
 Retorna a animação Para a animação  
 Avança a animação  
 A barra deslizante é utilizada para ajustar a velocidade da animação

Propriedades	Valor
Identificador	T4
Nó de entrada	N4
Nó de saída	E1
Descrição	
Etiqueta	
Forma	CIRCULAR
Profundidade Max.	0.46
Comprimento	122
n-Manning	0.01
Offset de entrada	0
Offset de saída	0
Fluxo inicial	0
Fluxo Máximo	0

Identificador do conduto escolhido pelo usuário.

Figura 4.9 - Editor de propriedades

## 4.9 Fixar as Preferências do Programa

As preferências do programa permitem que se personalizem certos aspectos do programa. Para fixar as preferências do programa, selecione **Ferramentas >> Preferências do Programa** a partir do Menu Principal. Aparecerá um formulário para as preferências com duas abas (apresentado na Figura 4.10): uma para Opções Gerais e a outra para Precisão Numérica.

### 4.9.1 Preferências Gerais

A página de preferências gerais do formulário de Preferências, permite ao usuário modificar as seguintes preferências do programa:

Preferências	Descrição
Fontes em Negrito	Habilitar para utilizar fontes em negrito em todas as janelas.
Fontes Grandes	Habilitar para utilizar fontes grandes em todas as janelas.
Ressaltar os Objetos no Mapa	Habilitar para ressaltar o objeto selecionado no Mapa.
Rótulos de Vista Rápida no Mapa	Habilitar para apresentar o identificador e o valor da propriedade em um pequeno quadro que aparece quando o mouse passa sobre um objeto do mapa.
Confirmar Exclusão	Habilitar para que seja acionada uma caixa de diálogo de confirmação antes de excluir qualquer objeto.
Cópias de Segurança	Habilitar para que uma cópia de segurança do projeto recém aberto seja salva, nomeando o arquivo com a extensão *.bak.
Habilitar Tempo Transcorrido	Habilitar para que se use de forma pré-definida, o tempo transcorrido desde o início da simulação (ao invés do data/hora) para os gráficos e tabelas de séries temporais.
Salvar Arquivos de Resultados	Caso essa opção não seja habilitada, os resultados das simulações serão automaticamente salvos em disco, quando o projeto ativo for fechado. Caso contrário, será requisitado ao usuário se os resultados devem ser salvos.
Limpar Arquivos Recentes	Habilitar para limpar a lista de arquivos recentemente abertos que são apresentados ao se acionar Arquivo >> Reabrir
Diretório Temporário	Nome do diretório (pasta) onde o EPA SWMM cria seus arquivos temporários.

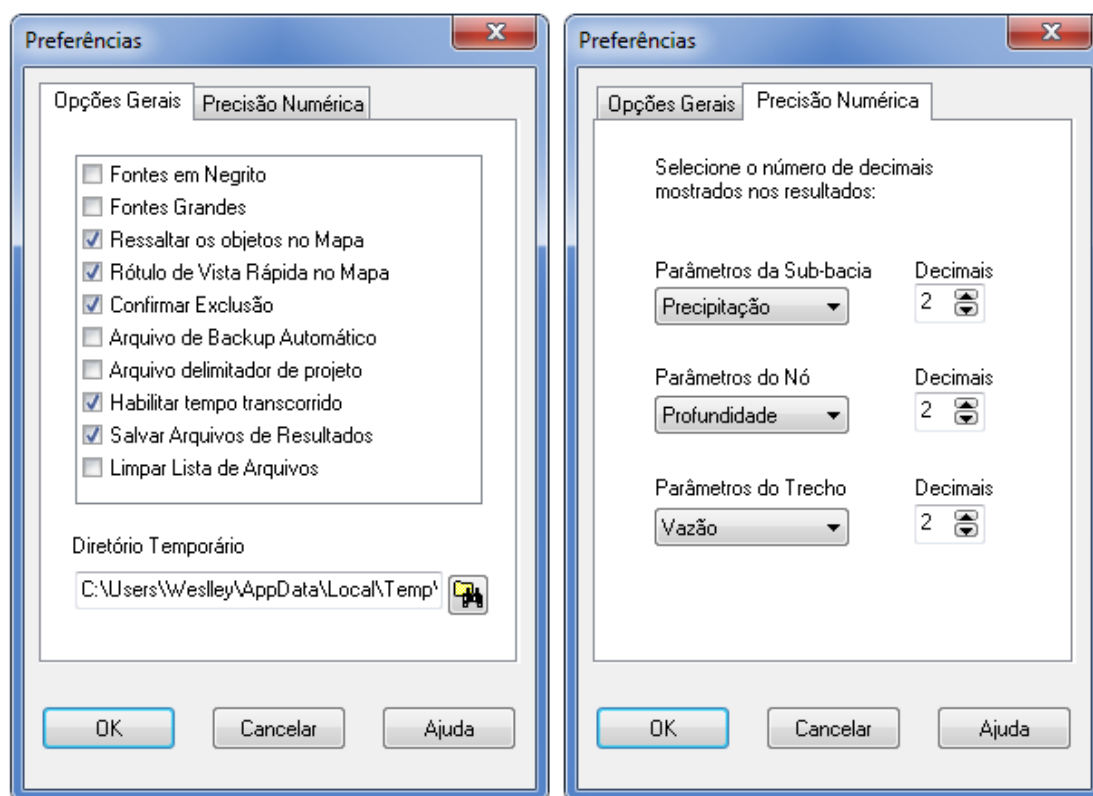


Figura 4.10 - Preferências do programa



O diretório temporário deve ser um diretório no qual o usuário tenha privilégios de escrita e deve possuir espaço suficiente para armazenar arquivos que podem crescer facilmente até dezenas de megabytes para simulação de grandes redes. O diretório temporário pré-definido é o de Windows (C:\Windows\Temp).

#### 4.9.2 Formato de Números

A página de formato de números do formulário de Preferências de programa, controla o número de decimais a ser empregado para os resultados numéricos do programa. Utilize os quadros da caixa de listagem para selecionar as variáveis de uma Sub-bacia, de um Nó ou de um Trecho e então utilize os quadros de edição, situados ao lado, para selecionar o número de decimais utilizado quando se apresentam os resultados do cálculo para cada variável. Note que o número de decimais apresentado para cada variável de projeto (como declividade, diâmetro, comprimento etc.) é o fixado pelo usuário.


# 05 CAPÍTULO

## Trabalhando com Projetos \_\_\_\_\_

Os arquivos de projeto contêm todas as informações necessárias para modelar uma área de estudo. Normalmente, estes arquivos são nomeados utilizando-se a extensão \*.INP. Este capítulo descreve como criar, abrir e salvar os projetos do EPA SWMM, assim como configurar as propriedades pré-definidas.

### 5.1 Criar um Novo Projeto

Para criar um novo projeto:

1. Selecionar **Arquivo >> Novo** no Menu Principal ou clicar no botão  da Barra de Ferramentas Padrão.
2. Antes de criar um novo projeto, o programa perguntará se deseja salvar o projeto atual (no caso de ter havido alguma alteração).
3. Um novo projeto é criado com todas as opções pré-definidas. O novo projeto não possui nome, até que ele seja nomeado.


Cada vez que se inicia uma sessão o EPA SWMM cria um novo projeto.



Caso seja utilizada uma imagem de fundo com cálculo automático de comprimentos e áreas, recomenda-se configurar as dimensões do mapa imediatamente após a criação do novo projeto (ver Configurar as Dimensões do Mapa).

### 5.2 Abrir um Projeto Existente


Para abrir um projeto existente previamente armazenado no disco:

1. Selecionar **Arquivo >> Abrir** no Menu Principal ou clicar no botão  da Barra de Ferramentas Padrão.
2. O programa perguntará se quer salvar o projeto atual (no caso de haver sido modificado).
3. Selecionar o arquivo que deseja abrir no quadro que aparece e clicar **Abrir**.
4. Clicar **Abrir** para abrir o arquivo selecionado.

Para abrir um projeto utilizado recentemente:

1. Selecionar **Arquivo >> Reabrir** desde o Menu Principal.
2. Selecionar o arquivo da lista de projetos recentemente modelados.

### 5.3 Salvar um Projeto

Para salvar um projeto, com o nome atual, simplesmente selecione **Arquivo >> Salvar** no Menu Principal ou clique no botão  da Barra de Ferramentas Padrão.

Para salvar um projeto com um nome distinto:

1. Selecionar **Arquivo >> Salvar Como** no Menu Principal.
2. Aparecerá a caixa de diálogo para salvar arquivo com o diretório e o nome a escolher.

### 5.4 Configurações Pré-definidas do Projeto.

Cada projeto possui um conjunto de valores pré-definidos (já fixados) que são utilizados automaticamente pelo programa, a menos que outros sejam determinados pelo usuário do EPA SWMM. Estes valores estão incluídos em três categorias:

- > Identificadores pré-definidos (prefixos dos identificadores que permitem identificar nós e trechos quando são criados).
- > Propriedades pré-definidas das sub-bacias (ex. área, largura, declividade etc.).
- > Propriedades pré-definidas dos nós e trechos (ex. cota do radier de um nó, comprimento de um conduto, método de cálculo etc.).

Para atribuir valores pré-definidos a um projeto:

1. Selecionar **Projeto >> Configurações Pré-definidas** no Menu Principal.
2. Aparecerá o formulário das Configurações Pré-definidas do projeto (ver Figura 5.1), que consta de três abas, uma para cada uma das categorias descritas anteriormente.
3. Selecione a caixa de seleção no canto inferior esquerdo, caso queira que os valores fixados se apliquem a qualquer projeto novo.
4. Clique no botão OK para aceitar os valores fixados pré-definidos.

Em seguida, descrevem-se, em detalhes, os parâmetros específicos de cada uma das três categorias anteriores.

#### 5.4.1 Identificadores Pré-definidos

A aba de identificadores, no formulário de opções pré-definidas, é utilizada para determinar como o EPA SWMM atribuirá os identificadores pré-definidos aos componentes visuais do projeto quando forem criados pela primeira vez.

- > Para cada tipo do objeto você pode introduzir um identificador no campo respectivo do formulário ou deixar em branco, caso o nome do objeto seja simplesmente um número.

- > No último campo do formulário, você pode introduzir um valor de incremento que será utilizado para inserir automaticamente um sufixo ao identificador pré-definido para outro objeto da mesma natureza. Por exemplo, se C tiver sido usado como identificador para todos os condutos e caso tenha sido estipulado um incremento de 5, então todos os condutos que forem criados receberão nomes pré-definidos como C5, C10, C15 etc. O identificador pré-definido de um determinado objeto, pode ser alterado utilizando o Editor de Propriedades para objetos visuais ou o editor de objetos específicos para objetos não visíveis.

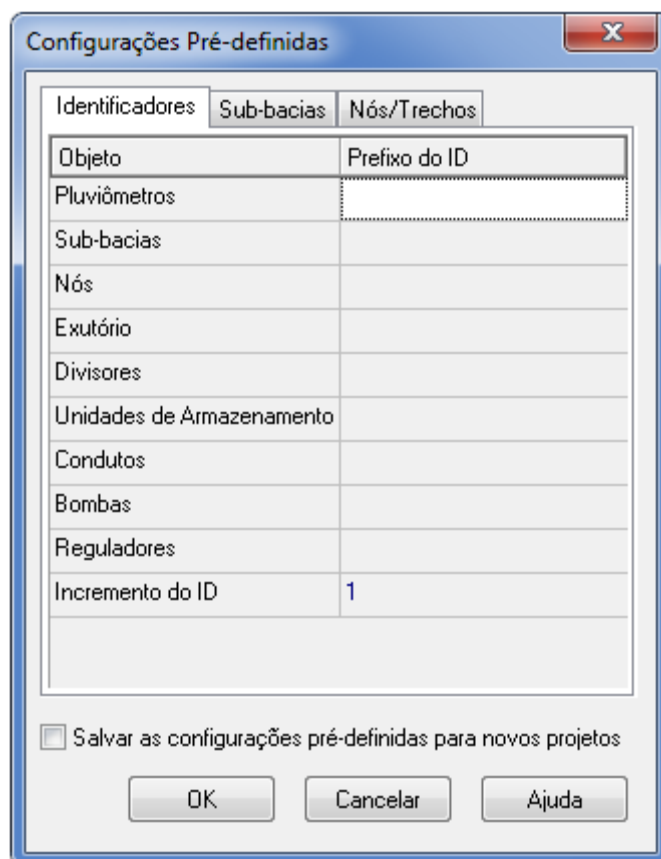


Figura 5.1 - Configurações pré-definidas

#### 5.4.2 Propriedades Pré-definidas das Sub-bacias

A aba de sub-bacias, do formulário de Configurações Pré-Definidas, fixa os valores pré-definidos para algumas propriedades das sub-bacias a serem criadas. Estas propriedades são:

- > Área da sub-bacia
- > Largura característica
- > Declividade, em porcentagem
- > % Área impermeável
- > Coeficiente “n” de Manning para área impermeável
- > Coeficiente “n” de Manning para área permeável
- > Profundidade de armazenamento em depressão na área impermeável
- > Profundidade de armazenamento em depressão na área permeável

- > % de área impermeável sem armazenamento em depressão
- > Método de cálculo para a infiltração

As propriedades pré-definidas de uma sub-bacia podem ser modificadas posteriormente utilizando o Editor de Propriedades.

### 5.4.3 Propriedades Pré-definidas de Nós e Trechos

A aba de nós e trechos, do formulário de Configurações Pré-definidas, fixa os valores pré-definidos para algumas propriedades dos nós e trechos. Tais propriedades incluem:

- > Cota do radier do nó
- > Profundidade do nó
- > Área de alagamento à superfície do nó
- > Comprimento de um conduto
- > Forma e tamanho do conduto
- > Rugosidade do conduto
- > Unidades de vazão
- > Convenção adotada para o *Offset* dos trechos
- > Método de propagação do fluxo
- > Tipo de equação para o cálculo hidráulico do conduto forçado.

As propriedades pré-definidas de um objeto específico podem ser modificadas, posteriormente, utilizando o Editor de Propriedades. As Unidades de Vazão e a convenção adotada para o *Offset* dos trechos podem ser modificadas diretamente na barra de Estado da janela principal.

## 5.5 Unidades de Medida

O SWMM pode utilizar tanto as unidades do sistema Americano (US) como as do Sistema Internacional (SI). A escolha das unidades de vazão determina qual sistema de unidades será utilizado para as demais variáveis do projeto.

- > Selecionando-se CFS (pés cúbicos por segundo), GPM (galões por minuto) ou MGD (milhões de galões por dia) para as unidades de vazão, implicará que as demais unidades do projeto estarão no sistema de unidades dos Estados Unidos.
- > Selecionando-se MCS (metros cúbicos por segundo), LPS (litros por segundo) ou MLD (milhões de litros por dia) para as unidades de vazão, implicará que as demais unidades do projeto estarão no Sistema Internacional de unidades.

As unidades de vazão podem ser selecionadas diretamente da barra de Estado do Windows ou através dos valores das configurações pré-definidas. Neste caso, a configuração pode ser salva de forma que novos projetos irão utilizar automaticamente estas unidades.



As unidades de dados já fornecidos ao programa não serão corrigidas automaticamente, caso o sistema de unidades seja alterado.

## 5.6 Convenções para o Offset dos Trechos

Os condutos e reguladores de vazão (orifícios, vertedouros e bocais) podem ser instalados a alguma distância acima do radier do nó de conexão como mostrado na Figura 5.2. Essa distância é o *Offset*.

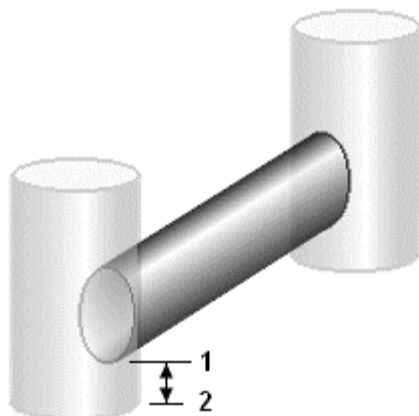


Figura 5.2 - *Offset* dos nós nas extremidades dos trechos

Existem duas convenções diferentes para expressar este *Offset*. Com a convenção dita **profundidade (ou altura)**, o *Offset* é especificado como a distância do ponto 2 – o radier do nó de conexão - para o ponto 1 - a geratriz inferior do conduto, na figura. Com a convenção **Elevação**, o *Offset* é especificado pela cota do ponto 1 - a geratriz inferior do conduto, na figura. A escolha da convenção pode ser feita na Barra de Estado da janela principal do SWMM ou na página de Propriedades Nó/Trecho da caixa de diálogo de Configurações Pré-Definidas.

## 5.7 Dados de Calibração

O SWMM permite comparar os resultados obtidos em uma simulação, com medições tomadas em campo por meio dos gráficos de séries temporais, os quais são discutidos na seção 9.3. Para que o SWMM possa utilizar tais dados de calibração, estes devem ser introduzidos em um arquivo de texto com um formato especial e devem ser salvos junto ao resto do projeto.

### 5.7.1 Arquivos de Calibração

Os arquivos de calibração contêm dados medidos de apenas um parâmetro, em um ou vários pontos, que podem ser comparados com os resultados de uma simulação em um gráfico de série temporal. Podem ser utilizados arquivos distintos para cada um dos seguintes parâmetros:

- > Escoamento superficial em uma sub-bacia.
- > Lixiviação de agentes poluentes em uma sub-bacia.
- > Escoamento subterrâneo.
- > Níveis simulados do aquífero.
- > Profundidade de neve acumulada.
- > Nível de água em um nó.
- > Fluxo de entrada lateral em um nó.
- > Alagamento em um nó.
- > Qualidade da água em um nó.
- > Vazão em um trecho.



O formato destes arquivos é descrito na seção 11.5.

### 5.7.2 Registrando Dados de Calibração

Para registrar os dados de calibração existentes em um arquivo de calibração:

1. Selecionar **Projeto >> Dados de Calibração** a partir do Menu Principal.
2. No formulário de dados de calibração mostrado na Figura 5.3, clique no quadro de texto que se encontra à direita do parâmetro do qual se pretendem registrar os dados de calibração (ex. nível de água no nó, vazão no trecho etc.).
3. Escreva o nome do arquivo de calibração para este parâmetro ou clique no botão **Procurar** para encontrá-lo.
4. Clique no botão **Editar** caso queira abrir e editar o arquivo de calibração com o Bloco de Notas do Windows.
5. Repita os passos 2 a 4 para cada parâmetro que disponha dos dados de calibração.
6. Clique **OK** para aceitar as seleções.

Variável de Calibração	Nome do Arquivo de Calibração
Escoamento da Sub-bacia	
Lixiviação da Sub-bacia	
Profundidade da Água no Nó	
Taxa de Fluxo do Trecho	
Qualidade da Água no Nó	
Afluência Lateral no Nó	
Alagamento no Nó	
Fluxo de Águas Subterrâneas	
Elevação de Águas Subterrâneas	
Profundidade da Neve Acumulada	
Profundidade do Fluxo no Trecho	
Velocidade do Fluxo no Trecho	

Figura 5.3 - Dados de Calibração

### 5.8 Visualizar Todos os Dados do Projeto

É possível visualizar a lista com todos os dados do projeto (com exceção das coordenadas do mapa) em uma janela não editável, formatada para o módulo de cálculo do SWMM. Esta é uma ferramenta útil para verificar que não existem erros nos dados e que não faltam componentes essenciais na rede. Para obter esta lista, selecione **Projeto >> Detalhes** no Menu Principal. O formato dos dados desta lista é idêntico ao utilizado quando se salva o arquivo no disco (ver mais detalhes no apêndice D.2).

# 06 CAPÍTULO

## Trabalhando com Objetos

---

O EPA SWMM utiliza diversos tipos de objetos para modelar uma área de drenagem e seu sistema de transporte. Este capítulo descreve como criar, selecionar, editar, excluir e mover tais objetos.

### 6.1 Tipos de Objetos

O SWMM contém tanto objetos físicos visualizáveis no Mapa da Área de Estudo, como objetos virtuais, não visualizáveis, que armazenam informação sobre projeto, cargas e operações do sistema. Estes objetos, que se encontram enumerados no Painel de Navegação e foram descritos no Capítulo 3, consistem em:


- > Título do Projeto/Notas
- > Opções de Simulação
- > Climatologia
- > Estações Pluviométricas
- > Sub-bacias
- > Aquíferos
- > Acumulação de Neve
- > Hidrogramas Unitários
- > Nós (de Conexão, Exutórios, Divisores de Fluxos, Unidade de Armazenamento)
- > Trechos (conduto, bomba, orifício, vertedor, bocal)
- > Seções Transversais
- > Regras de Controles
- > Agentes Poluentes
- > Usos do Solo
- > Curvas
- > Séries Temporais
- > Padrões Temporais
- > Rótulos do Mapa
- > Controles LID<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Controle por Dispositivo de Baixo Impacto

## 6.2 Inserir um Objeto

Os objetos visuais são aqueles que são representados no Mapa; incluem Pluviômetros, Sub-bacias, Nós, Trechos e Rótulos. Com exceção de Rótulos, existem duas maneiras de inserir estes objetos em um projeto:


- > Selecionando o ícone do objeto na Barra de Ferramentas e, em seguida, clicando no Mapa na posição desejada.
- > Selecionando a categoria à qual pertence o objeto no painel de navegação e clicando no botão .

A primeira forma, descrita acima, faz com que o objeto apareça no Mapa e é, portanto, recomendável. A segunda opção cria o objeto, mas este não aparecerá no Mapa até que sejam introduzidas, manualmente, as coordenadas (X, Y) através do Editor de Propriedades.


Em seguida, apresentam-se as instruções mais específicas para inserir cada tipo do objeto a um projeto.

### 6.2.1 Inserir um Pluviômetro

Para inserir um pluviômetro utilizando a barra de ferramentas de objetos:


1. Clicar no botão  na barra de ferramentas.
2. Mover o ícone até a localização desejada no Mapa e clicar no botão esquerdo do *mouse*.

Para inserir um pluviômetro utilizando o Painel de Navegação:


1. Selecionar Pluviômetros na lista de categorias.
2. Clicar no botão inserir .
3. Introduzir as coordenadas X e Y para o pluviômetro no Editor de Propriedades caso queira que apareça no Mapa.

### 6.2.2 Inserir uma Sub-bacia

Para inserir uma Sub-bacia utilizando a Barra de Ferramentas de objetos:





1. Clicar no botão  da barra de ferramentas.
2. Utilizar o *mouse* para desenhar um polígono que represente a área da sub-bacia no Mapa:
3. Botão esquerdo do *mouse* para cada vértice.
4. Botão direito do *mouse* para fechar o polígono.
5. Pressionar a tecla de Esc para cancelar a ação.

Para inserir uma Sub-bacia utilizando o Painel de Navegação:


1. Selecionar Sub-bacias na lista de classes.
2. Clicar no botão inserir .
3. Introduzir as coordenadas X e Y para o centro da Sub-bacia no Editor de Propriedades caso queira que apareça no Mapa.

### 6.2.3 Inserir um Nó

Para inserir um Nó utilizando a Barra de Ferramentas de objetos:






1. Clicar no botão correspondente ao tipo de nó a inserir:
2.  para as conexões.
3.  para os exutório.
4.  para os divisores de fluxo.
5.  para as unidades de armazenamento.
6. Mover o *mouse* até a posição do objeto no Mapa e clicar.

Para inserir um Nó utilizando o Painel de Navegação:


1. Selecionar o tipo de nó (Conexões, Exutórios, Divisores de Fluxo e Unidades de Armazenamento) na lista de categorias do Editor de dados.
2. Clicar no botão inserir .
3. Introduzir as coordenadas X e Y para o nó, no Editor de Propriedades, caso queira que apareça no Mapa.

### 6.2.4 Inserir um Trecho

Para inserir um Trecho utilizando a Barra de Ferramentas do objeto:

1. Clicar no botão correspondente ao tipo de trecho a inserir:
2.  para um conduto.
3.  para uma bomba.
4.  para um orifício.
5.  para um vertedor.
6.  para um bocal.
7. No Mapa, clicar com o *mouse* no nó inicial da linha (nó de montante).
8. Mover o *mouse* na direção do nó final (nó de jusante), clicando nos pontos intermediários necessários para definir o traçado da linha.
9. Clicar com o *mouse* no nó final (a jusante) para finalizar o traçado da linha.

Para inserir um trecho utilizando o Painel de Navegação:

1. Selecionar o tipo de trecho a inserir na lista de categorias.
2. Clicar no botão inserir .
3. Introduzir os nomes dos nós inicial e final da linha no Editor de Propriedades.

### 6.2.5 Inserir um Rótulo no Mapa


Para inserir um Rótulo no Mapa:

1. Clicar no botão **T** da Barra de objetos.
2. Clicar com o *mouse* na posição do Mapa onde se deseja que apareça o rótulo.

3. Introduzir o texto do rótulo na caixa de texto.
4. Clicar **Enter** para aceitar o rótulo ou Esc para cancelar a ação.


### 6.2.6 Inserir um Objeto Não Visível

Para inserir um objeto não visível no Mapa (que inclui Climatologia, Aquíferos, Acumulação de Neve, Hidrogramas Unitários, Seções Transversais, Regras de Controle, Agentes Poluentes, Usos do Solo, Curvas, Séries Temporais e Padrões Temporais):

1. Selecionar a categoria do objeto da lista de categorias no Painel de Navegação.
2. Clicar no botão .
3. Editar as propriedades do objeto no quadro de diálogo específico que aparece (ver o apêndice C para a descrição destes editores).

### 6.3 Selecionar e Mover Objetos

Para selecionar um objeto no Mapa:

1. Verificar se o Mapa está no modo Seleção (o cursor do *mouse* será uma flecha que aponta para cima e à esquerda). Para comutar para este modo de Seleção, clique no botão  ou selecione **Editar >> Selecionar Objeto** no Menu Principal.
2. Clicar com o *mouse* sobre o objeto desejado no Mapa.

Para selecionar um objeto utilizando o Painel de Navegação:

1. Selecionar a categoria do objeto da lista superior apresentada na caixa de diálogo.
2. Selecionar o objeto da lista inferior do Painel de Navegação.

Pluviômetros, Sub-bacias e Nós podem ser deslocados até outro ponto do Mapa. Para mover um objeto de uma localização a outra no Mapa:

1. Selecionar o objeto no Mapa.
2. Mantendo o botão esquerdo do *mouse* pressionado sobre o objeto, arrastá-lo até a nova localização.
3. Soltar o botão do *mouse*.


Também é possível utilizar a seguinte alternativa:

1. Selecionar o objeto no Painel de Navegação (deve ser um Pluviômetro, uma Sub-Bacia, um Nó ou um Rótulo do Mapa).
2. Com o botão esquerdo do *mouse* pressionado, arrastar o objeto desde a lista do Painel de Navegação até sua nova localização no Mapa.
3. Soltar o botão do *mouse*.

Note que esta segunda alternativa pode ser utilizada para posicionar objetos no Mapa que foram importados de arquivos de projetos que não possuíam informações sobre coordenadas.


### 6.4 Editar Objetos

Para editar um objeto que apareça no Mapa:

1. Selecionar o objeto no Mapa.
2. Caso o Editor de propriedades não esteja visível:
  - a) Clicar duas vezes sobre o objeto, ou
  - b) Clicar no botão direito do *mouse* no objeto e selecionar Propriedades no menu suspenso que aparece, ou
  - c) Clicar no botão  no Painel de Navegação.
3. Editar as propriedades do objeto com o Editor de Propriedades.

O apêndice B lista todas as propriedades de cada um dos objetos visuais do SWMM.

Para editar um objeto listado no Painel de Navegação:

1. Selecionar o objeto no Painel de Navegação.
2. Ou:
  - a) Clicar no botão  do Painel de Navegação, ou
  - b) Clicar duas vezes sobre o objeto na lista de objetos, ou
  - c) Clicar **Enter**.

Dependendo da categoria do objeto selecionado, aparecerá um editor específico no qual podem ser modificadas as propriedades do objeto. O apêndice C descreve todos os editores de propriedades específicos utilizados para os objetos não visuais do SWMM.



O sistema de unidades adotado para as propriedades dos objetos depende da unidade adotada para a vazão. Caso a unidade adotada para a vazão seja pés cúbicos, galões ou pés-acre por unidade de tempo, o sistema de unidades adotado para todo o projeto é o sistema americano. Caso a unidade adotada para a vazão seja em litros ou metros cúbicos por segundo, o sistema de unidades adotado para todo o projeto é o sistema internacional (SI). As unidades de vazão podem ser fixadas por meio do formulário de propriedades pré-definidas de Nós e Trechos (ver item 5.4) ou diretamente na barra de estado da janela principal (ver seção 4.4). As unidades utilizadas para todas as propriedades aparecem listadas no apêndice A.1.

## 6.5 Converter Objetos

É possível transformar um nó ou um trecho de um tipo em um nó ou trecho de outro tipo, respectivamente, sem necessidade de excluir o objeto e inserir um novo em seu lugar. Como exemplo, pode-se transformar um Nó de Conexão em um Nó Exutório ou transformar um Orifício em um Vertedor. Para converter um nó ou um trecho noutro tipo:

1. Clicar no botão direito do *mouse* sobre o objeto no Mapa.
2. Selecionar **Converter para** no Menu suspenso que aparecerá.
3. Selecionar o novo tipo de nó ou trecho do submenu que aparece.
4. Editar o objeto para completar os dados que não estavam no tipo do objeto original.

Durante esta transformação, só se mantêm aqueles dados que são comuns a ambos os tipos do objeto. Para os nós, isto inclui o nome, posição, rótulo, descrição, vazões afluentes,

funções de tratamento e cota do radier. Para os trechos, só mantêm-se o nome, nós extremos, descrição e rótulo.

## 6.6 Copiar e Colar Objetos

As propriedades de um objeto, apresentadas no Mapa da Área de Estudo, podem ser copiadas e coladas em outro objeto da mesma categoria.

Para copiar as propriedades de um objeto para a área de transferência do EPA SWMM:

1. Clicar com o botão direito do *mouse* no objeto.
2. Selecionar Copiar no submenu que aparece.


Para colar as propriedades copiadas em outro objeto:

1. Clicar com o botão direito do *mouse* no outro objeto.
2. Selecionar Colar no submenu que aparece.

Somente é possível copiar e colar dados que podem ser compartilhados entre vários objetos da mesma categoria. As características que não podem ser copiadas incluem o nome do objeto, suas coordenadas, seus nós extremos (para trechos), os identificadores e qualquer comentário descritivo associado ao objeto. Para os rótulos do Mapa, somente são copiadas e coladas as características da fonte.

## 6.7 Dar Forma e Inverter um Trecho

Os trechos podem ser desenhados como polilinhas, compostas por uma série de segmentos de reta, que definem o traçado ou a curvatura do trecho. Uma vez que um trecho foi desenhado no Mapa, os pontos interiores que definem estes segmentos de reta podem ser acrescentados, excluídos ou mudados de posição. Para editar os pontos interiores de um trecho:

1. Selecionar o trecho a editar no Mapa e colocar o Mapa em modo de Seleção de Vértices, ou clicando no botão  da barra de ferramentas do Mapa, ou selecionando **Edição >> Selecionar Vértices** no Menu Principal, ou selecionando Vértices no menu suspenso que aparece ao se clicar com o botão direito do mouse sobre o trecho.
2. O ponteiro do *mouse* terá sua forma modificada para uma seta e todos os vértices do trecho selecionados aparecerão sob a forma de pequenos quadrados abertos. O vértice selecionado será representado por um quadrado cheio. Para selecionar outro vértice, clicar com o *mouse* sobre ele.
3. Para inserir um novo vértice no trecho, clicar no botão direito do *mouse* e selecionar Inserir Vértice no menu suspenso (ou simplesmente clicar a tecla Insert do teclado).
4. Para excluir o vértice selecionado, com o botão direito do *mouse*, selecionar Excluir Vértice no menu suspenso (ou clicar na tecla Delete do teclado).
5. Para deslocar um vértice até outro ponto, arraste-o com o botão esquerdo do *mouse* pressionado até sua nova posição.

Enquanto permanecer no modo Seleção de Vértices, pode-se começar a editar os vértices de outro trecho, simplesmente clicando o mouse sobre o mesmo. Para deixar o modo

Seleção de Vértices, clicar no botão direito no Mapa e selecionar Sair de Edição do menu suspenso que aparece, ou simplesmente selecionar um dos outros botões na Barra de Ferramentas de Mapa.


Também é possível inverter a direção de um trecho (ou seja, permutar seus nós extremos) clicando no botão direito do *mouse* e selecionando Inverter do menu suspenso que aparece. Normalmente, a direção do trecho é definida de modo que seu nó de montante tenha cota mais elevada que a do nó de jusante.

## 6.8 Dar Forma a uma Sub-bacia

As áreas das sub-bacias são desenhadas como polígonos fechados. Para editar ou inserir novos vértices ao polígono, devem-se seguir os mesmos procedimentos utilizados para os trechos. Para desenhar completamente o contorno da área da sub-bacia, clique com o botão direito sobre o centro da mesma e selecione Redesenhar no menu suspenso. Em seguida use o mesmo procedimento para desenhar uma nova sub-bacia (ver item 6.2). Caso a sub-bacia tenha sido originalmente traçada ou foi editada deixando menos de dois vértices, então no Mapa da Área de Estudo só aparecerá o símbolo do seu centróide.

## 6.9 Excluir um Objeto

Para excluir um objeto:


1. Selecionar o objeto no Mapa ou no Painel de Navegação.
2. Clicar no botão Excluir  no Painel de Navegação, ou pressionar **Delete** no teclado ou clicar com o botão direito do *mouse* no Mapa e selecionar Excluir do menu suspenso que aparece.



Podem-se ajustar as preferências do programa para que ele solicite uma confirmação antes de excluir os objetos selecionados. Ver Preferências Gerais no formulário de preferências (item 4.9).

## 6.10 Editar ou Excluir um Grupo de Objetos

Um grupo de objetos, situados dentro de uma mesma zona no Mapa da Área de Estudo, pode possuir um mesmo valor para uma propriedade comum, ou podem ser eliminados conjuntamente. Para selecionar um grupo de objetos que estão dentro de uma região irregular do Mapa:

1. Selecionar **Editar >> Selecionar Região** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas do Mapa.
2. Desenhar um polígono ao redor da região de interesse no Mapa clicando com o botão esquerdo do *mouse* em cada vértice do polígono.
3. Fechar o polígono, clicando no botão direito ou pressionando a tecla **Enter**. Para cancelar a ação, clicar na tecla **Esc**.

Para selecionar todos os objetos do projeto, ir para **Editar >> Selecionar Tudo** no Menu Principal. Uma vez selecionado um grupo de objetos, podem ser editadas as propriedades que todos devem possuir em comum. Para isto:



1. Selecionar **Editar >> Editar Grupo** no Menu Principal.
2. Utilizar o formulário Editor de Grupo para selecionar a propriedade e especificar seu novo valor.

O Editor de Grupo, mostrado na Figura 6.1, é utilizado para modificar uma propriedade para um grupo de objetos selecionados. Para utilizar este formulário:

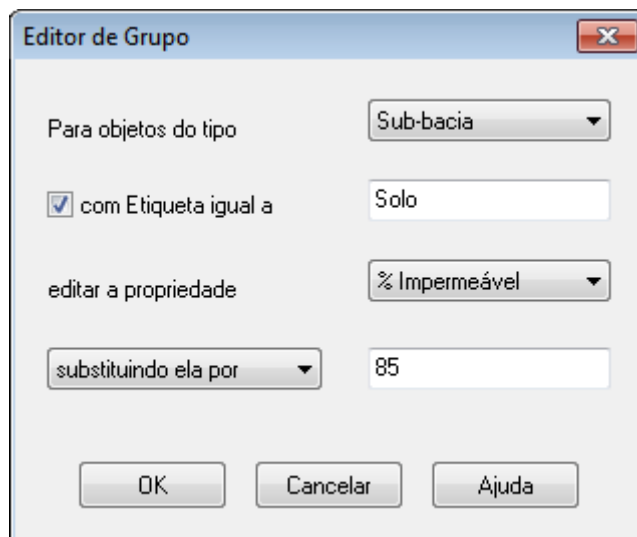


Figura 6.1 - Editor de Grupo

1. Selecionar o tipo de objeto (Sub-bacias, Infiltração, Conexões, Unidades de Armazenamento ou Condutos) a editar.
2. Habilitar a caixa de seleção “com o identificador igual a” se deseja inserir um filtro que limite os objetos selecionados para corrigi-los com um valor específico do identificador.
3. Introduzir o valor do identificador para filtrar quando se escolheu esta opção.
4. Selecionar a propriedade a editar.
5. Selecione se o valor substituirá ou será multiplicado ou adicionado ao valor existente da propriedade. Observe que para alguns valores não-numéricos apenas a opção de substituição será possível.
6. No campo Novo Valor, introduzir o valor que deve substituir o valor existente em todos os objetos selecionados. Se aparecer um botão de continuar [...] ao lado de tal campo, clicar no botão para que apareça o editor específico desta característica.
7. Clicar **OK** para executar a edição de grupo.

Para excluir os objetos de uma área selecionada, selecionar **Editar/Excluir Grupo** do menu principal. Então selecionar, da caixa de diálogo apresentada, as categorias de objetos que queira excluir. De forma opcional, pode-se especificar que serão excluídos somente os objetos de uma categoria que possuir uma determinada propriedade. Lembre-se que ao excluir um nó, automaticamente os trechos que lhe são conectados serão excluídos.

# 07 CAPÍTULO

## Trabalhando com o Mapa \_\_\_\_\_

O EPA SWMM pode mostrar um mapa da área de estudo que está sendo modelada. Este capítulo descreve como manipular este mapa para melhorar a visualização do sistema.

### 7.1 Selecionar um Objeto para o Mapa

O bloco Objetos do mapa apresenta na tela as propriedades das variáveis associadas a um determinado objeto em uma escala de cores. As caixas de listagem, que aparecem no bloco Objetos do Painel de Navegação do Mapa, permitem selecionar qual variável do objeto selecionado (Sub-bacia, Nós e Trechos) será apresentada no mapa, em escala de cores.

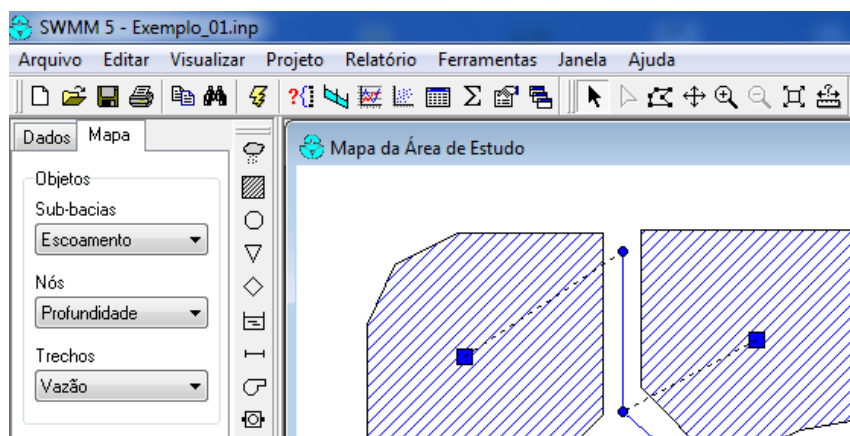


Figura 7.1 - Objetos do mapa

Os métodos para modificar a escala de cores de um determinado objeto são comentados mais adiante no item 7.9.

### 7.2 Configurar as Dimensões do Mapa

As dimensões reais do Mapa podem ser definidas de modo que suas coordenadas correspondam adequadamente à apresentação no monitor. Para configurar as dimensões do Mapa:

1. Selecionar **Visualizar >> Dimensões** no Menu Principal.

2. Introduzir as coordenadas para a esquina inferior esquerda e superior direita do mapa, dentro do formulário de Dimensões do Mapa (ver Figura 7.2), ou clicar o botão **Auto-Comprimento** para que o SWMM calcule automaticamente as dimensões com base nas coordenadas dos objetos incluídos no mapa.
3. Selecionar as unidades de distância a utilizar para estas coordenadas.
4. Se a opção “Auto-Comprimento” na barra de estado está ativada, a opção “Ativar Auto-Comprimento - Recalcular todos os comprimentos e áreas?” será mostrada. Habilitando-a, os comprimentos e as áreas serão automaticamente recalculados com base nas novas informações.
5. Clicar no botão **OK** para alterar as dimensões do mapa.

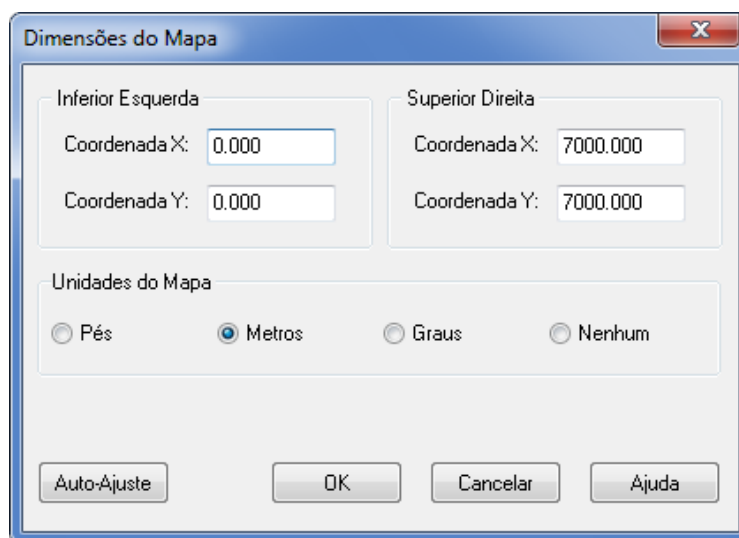


Figura 7.2 - Dimensões do mapa



Caso se pretenda utilizar uma imagem de fundo com o cálculo automático de área e comprimentos, recomenda-se fixar as dimensões do Mapa imediatamente após criar o novo projeto. As unidades de comprimento do Mapa podem ser diferentes das unidades de comprimento dos condutos. Estas últimas dependem da opção escolhida para as unidades de vazão. O SWMM realiza a conversão de unidades, automaticamente, caso necessário.

### 7.3 Utilizar um Mapa de Fundo

O SWMM pode mostrar uma imagem de fundo por trás do Mapa da Área de Estudo (ver Figura 7.3). Esta imagem de fundo pode ser um mapa de ruas, um mapa da rede, um mapa topográfico, um plano de desenvolvimento local, ou qualquer outra imagem que for útil. Por exemplo, utilizar um mapa de ruas simplificaria o processo de inserir linhas de esgotamento sanitário, pois se poderia digitalizar os nós e os trechos traçando-os sobre a imagem.

O arquivo da imagem de fundo tem que ser um *meta-arquivo* do Windows, um mapa de *bits* (BMP, Windows Bitmap) ou um arquivo JPG, criado fora do EPA SWMM. Após importado, suas características não podem ser modificadas, ainda que sua escala e área de visão se alterarão ao se realizar um zoom sobre a janela do mapa ou movê-la. Por este motivo, os *meta-arquivos* trabalham melhor que os mapas de *bits* ou JPG, já que não perdem

resolução quando sua escala é alterada. A maioria dos programas de CAD e GIS têm a possibilidade de salvar seus desenhos e mapas como *meta-arquivos*.

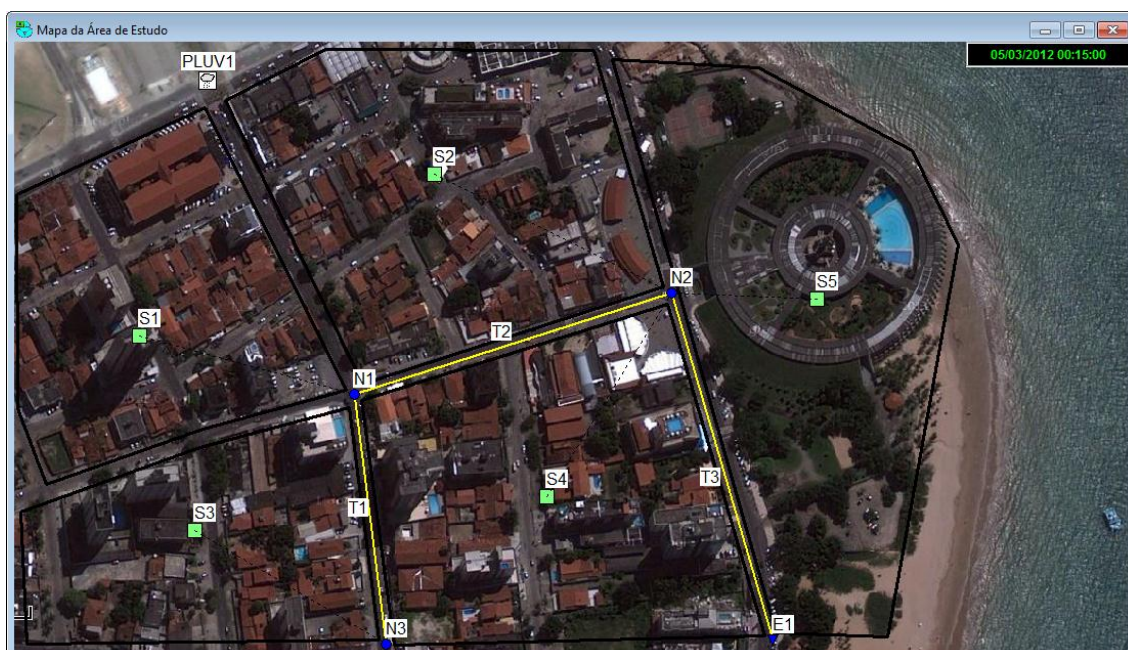



Figura 7.3 - Imagem de fundo (vista aérea de parte da praia de Tambaú – João Pessoa, BR  
Ao selecionar **Visualizar >> Imagem de Fundo** do Menu Principal aparece um submenu que apresenta os seguintes comandos:


- > Abrir: Abre um arquivo de imagem de fundo dentro do projeto.
- > Retirar: Elimina a imagem de fundo do projeto.
- > Alinhar: Alinha a rede de tubulações com a imagem de fundo.
- > Redimensionar: Ajusta as coordenadas da imagem de fundo.
- > Marca-d'água: muda a aparência do fundo entre normal ou atenuada.

Para carregar uma imagem de fundo, selecionar **Visualizar >> Imagem de Fundo >> Abrir** no Menu Principal. Aparecerá um formulário de seleção da imagem de fundo. As entradas deste formulário, mostradas na Figura 7.4 são:

### Arquivo de Imagem de Fundo

Introduzir o nome do arquivo que contém a imagem. Pode-se clicar no botão de examinar  para abrir o quadro de diálogo padrão para selecionar arquivos em Windows e buscar a imagem.

### Arquivo de Coordenadas Cartográficas<sup>16</sup>

Caso exista um arquivo de coordenadas para a imagem, introduza o seu nome ou utilize o botão  para procurá-lo. Um arquivo de coordenadas contém informação para georreferenciar a imagem e ele pode ser criado pelo programa que produz a imagem ou pode ser criado utilizando um editor de texto. Este arquivo contém seis linhas com as seguintes informações:

<sup>16</sup> Os arquivos de coordenadas cartográficas têm em geral as extensões \*.jpw ou \*.bpw.

- > Linha 1: Distância real representada por um pixel da imagem na direção horizontal.
- > Linha 2: Parâmetro de Rotação X (não se utiliza).
- > Linha 3: Parâmetro de Rotação Y (não se utiliza).
- > Linha 4: Distância real representada por um pixel da imagem na direção vertical, alterada de sinal.
- > Linha 5: Coordenada X do vértice superior esquerdo da imagem.
- > Linha 6: Coordenada Y do vértice superior esquerdo da imagem.

Quando não se especifica nenhum arquivo de coordenadas, a imagem de fundo se ajustará para ficar centrada na tela.

### Ajustar o Mapa à Imagem de Fundo

Esta opção só está disponível quando se especifica um arquivo de coordenadas. Ao selecioná-la, as dimensões do Mapa da Área de Estudo são forçadas a coincidir com as da imagem de fundo. Além disso, todos os objetos existentes no Mapa modificarão suas coordenadas para se ajustarem às novas dimensões do mesmo, mantendo suas posições relativas. Selecionar esta opção requer alinhar a imagem de fundo para que sua posição seja correta com relação ao sistema de drenagem. Em seguida, descreve-se como executá-lo.

A imagem de fundo pode se alinhar com relação ao sistema de drenagem, selecionando **Visualizar >> Imagem de Fundo >> Alinhar**. Isto permite deslocar a imagem de fundo ao longo do mapa da rede (movendo o *mouse* mantendo o botão esquerdo pressionado) até alcançar a posição desejada.

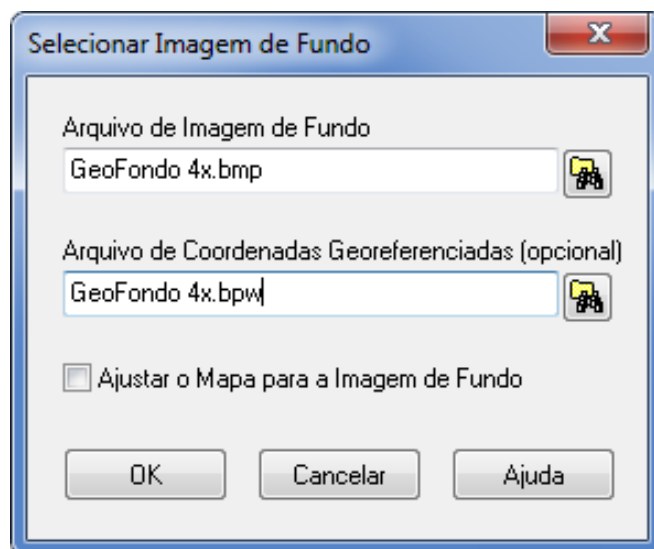


Figura 7.4 - Selecionar Imagem de Fundo

Além disso, o tamanho da imagem de fundo pode ser alterado selecionando **Visualizar >> Imagem de Fundo >> Redimensionar**. Neste caso, aparece o formulário Dimensões da Imagem de Fundo (Figura 7.5).

Inferior Esquerdo		
	Fundo	Mapa
Coordenada X	-3687.601	-3687.601
Coordenada Y	1171.450	0.000

Superior Direito		
	Fundo	Mapa
Coordenada X	13687.601	13687.601
Coordenada Y	8828.550	10000.000

Ajustar apenas a Imagem de Fundo  
 Ajustar a Imagem de Fundo para o Mapa  
 Ajustar o Mapa para a Imagem de Fundo

Figura 7.5 - Dimensões da Imagem de Fundo

Este formulário permite introduzir manualmente as coordenadas X, Y dos vértices inferior esquerdo e superior direito. Como referência, são mostradas, também, as dimensões do Mapa da Área de Estudo. Enquanto o formulário está visível, podem ser conhecidas as coordenadas do mapa movendo o *mouse* e observando os valores de X e Y na seção correspondente da barra de estado (na parte inferior da janela principal).

Ao selecionar a opção “Ajustar apenas a Imagem de Fundo”, se modificará o tamanho da imagem de fundo, de acordo com as coordenadas especificadas, mas não o Mapa. Caso contrário, ao se selecionar “Ajustar a Imagem de Fundo para o Mapa” a imagem de fundo será colocada no centro do Mapa da Área de Estudo e o tamanho se modificará para se adaptar ao Mapa, mas respeitando suas proporções (largura-comprimento). Neste caso, a coordenada inferior esquerda e a superior direita do Mapa aparecerão nos campos de dados respectivos da caixa de diálogo “Dimensões da Imagem de Fundo” e não poderão ser modificadas. Por último, ao se selecionar “Ajustar o Mapa para a Imagem de Fundo” as dimensões do Mapa da Área de Estudo serão adaptadas às da imagem de fundo. Note que esta opção alterará as coordenadas de todos os objetos no Mapa, mantendo a posição relativa. Selecionar esta opção pode requerer alinhar a imagem de fundo para que sua posição seja correta com relação ao sistema de drenagem.



Deve-se ter precaução quando se utiliza a opção “Dimensionar Mapa à Imagem de Fundo”, na Seleção de Imagem de Fundo, ou no formulário de Dimensões da Imagem de Fundo, pois, em ambos os casos, as coordenadas de todos os objetos do Mapa serão modificadas. É recomendável salvar as alterações no arquivo do projeto antes de proceder essa operação, para evitar perda de informações no caso onde os resultados não sejam os esperados.

O nome da imagem de fundo, assim como suas dimensões, são registradas junto aos outros dados do projeto cada vez que ele é salvo para um arquivo.




Para obter melhores resultados utilizando uma imagem de fundo:

- > Utilize preferencialmente *meta-arquivos* em vez de mapas de bits.
- > Caso a imagem seja carregada antes de inserir algum objeto, utilize a opção de Dimensionar o Mapa à Imagem.


## 7.4 Medindo Distâncias

Para medir distâncias ou áreas no Mapa da Área de Estudo:


1. Clicar no botão  na barra de ferramentas do Mapa.
2. Clicar com o botão esquerdo do *mouse* no local do mapa onde se deseja iniciar a medição.
3. Mover o *mouse* sobre a distância que está sendo medida; clicar com o botão esquerdo do *mouse* em cada ponto intermediário onde o caminhamento muda de direção.
4. Clicar com o botão direito do *mouse* ou teclar **Enter** para finalizar a medição.
5. A distância, medida em unidade do projeto (metros ou pés), será apresentada numa caixa de diálogo. Se o último ponto do caminhamento medido coincide com o primeiro ponto, então a área do polígono fechado também será apresentada.

## 7.5 Zoom do Mapa

Para aumentar o Mapa da Área de Estudo:


1. Selecionar **Visualizar >> Aproximar** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas do Mapa.
2. Para ampliar em 100% (i.e. duas vezes), mover o *mouse* até o centro da área do mapa e clicar com o botão esquerdo.
3. Para realizar um zoom personalizado, mover o *mouse* até o vértice superior esquerdo da área do zoom e, com o botão esquerdo pressionado, desenhar um contorno retangular ao redor da área que queira aumentar. Liberar, então, o botão esquerdo.

Para diminuir o Mapa da Área de Estudo:

1. Selecionar **Visualizar >> Distanciar** no Menu Principal ou clicar no botão  na barra de ferramentas Mapa.
2. O mapa voltará ao seu tamanho anterior.

## 7.6 Mover ou Enquadrar o Mapa

Para mover o Mapa da Área de Estudo ao longo da janela:

1. Selecionar **Visualizar >> Mover** no Menu Principal ou clicar o botão  na barra de ferramentas do Mapa.


2. Com o botão esquerdo pressionado, em qualquer ponto do mapa, arrastar o *mouse* na direção para onde se queira mover o mapa.
3. Soltar o *mouse* para completar o movimento.

Para mover o mapa utilizando a janela **Vista Panorâmica** (que se descreve mais adiante no item 7.11):

1. Caso não esteja visível, pode-se mostrar a Vista Panorâmica do Mapa selecionando **Visualizar >> Vista Panorâmica** no Menu Principal.
2. Se o Mapa da Área de Estudo foi aproximado (zoom in), um esboço da vista atual da área aparecerá no Mapa de Vista Geral. Colocar o *mouse* no esboço do Mapa de Vista Panorâmica.
3. Com o botão esquerdo pressionado, arrastar o zoom da janela até sua nova posição.
4. Soltar o botão do *mouse* e o Mapa da Área de Estudo se moverá até a área correspondente à selecionada na janela de Vista Panorâmica do Mapa.


## 7.7 Visualizar Mapa Completo

Para visualizar o Mapa por inteiro pode-se optar por uma das seguintes alternativas:

1. Selecionar **Visualizar >> Mapa Completo** no Menu Principal
2. Clicar o botão  na barra de ferramentas do Mapa.

## 7.8 Localizar um Objeto

Para encontrar um objeto de nome conhecido no Mapa:

1. Selecionar **Editar >> Localizar Objeto** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas padrão.
2. No quadro de diálogo que aparece (ver Figura 7.6), selecionar o tipo do objeto a localizar e introduzir seu ID.
3. Clicar no botão Ir.

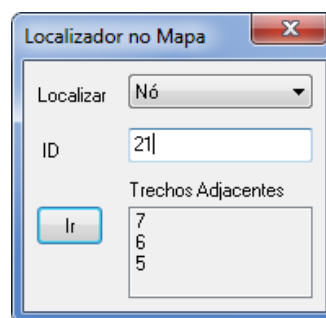


Figura 7.6 - Localizador no Mapa

Se o objeto existe, ele será destacado no Mapa e no Painel de Navegação. Caso se enfoque o Mapa e o objeto fique fora dos limites atuais do campo de visão, o mapa se moverá até que o objeto esteja dentro do campo de visão.



Os nomes atribuídos pelo usuário aos objetos do SWMM não são sensíveis às letras maiúsculas. Assim, NO123 é a mesma coisa que No123.

Após encontrar um objeto, a caixa de diálogo do localizador no mapa também mostrará:


- > Os exutórios para uma sub-bacia.



- > Os trechos de conexão para um nó.
- > Os nós extremos para um trecho.

## 7.9 Realizar uma Consulta sobre o Mapa

Uma consulta do Mapa identifica os objetos do Mapa da Área de Estudo (ver Figura 7.7) que atendem a um determinado critério (p.ex. nós com inundação, trechos com velocidades abaixo de 0,5 m/s etc.). Para realizar uma consulta:

1. Selecionar um período de tempo no Painel do Navegador para o qual a consulta vai ser realizada.
2. Selecionar **Visualizar >> Consulta** no Menu Principal ou clicar no botão  na barra de ferramentas do Mapa.
3. Preencher as informações solicitadas pelo formulário da consulta:
  - a) Selecionar se se trata de sub-bacias, nós ou trechos.
  - b) Selecionar o parâmetro a consultar.
  - c) Selecionar um operador lógico adequado (Maior que, Menor que ou Igual).
  - d) Introduzir um valor a comparar.

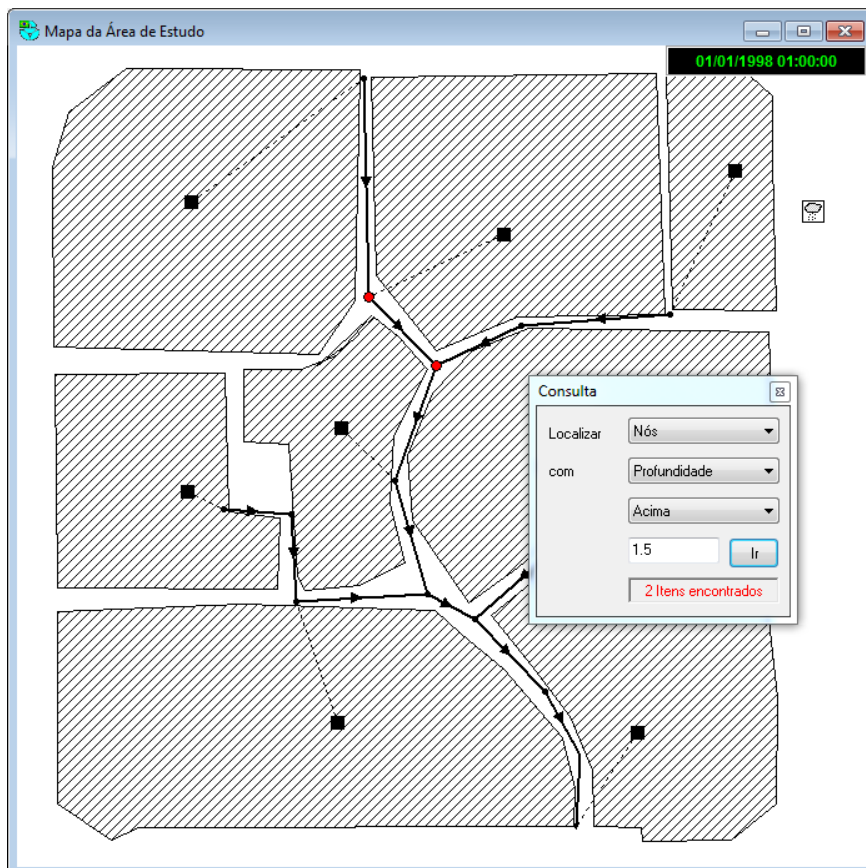


Figura 7.7 - Janela do Mapa da Área de Estudo

4. Clicar no botão Ir. O número de objetos encontrados, que cumprem o critério, aparecerá na parte de baixo do formulário e estarão ressaltados no Mapa.

5. Ao se mudar o período de tempo, o resultado da consulta atualiza-se automaticamente.
6. Pode-se proceder com outra consulta, utilizando o mesmo formulário e fechá-lo com o botão do canto superior direito.

Ao fechar o formulário de consulta, o Mapa volta a sua situação original.

## 7.10 Utilizar as Legendas do Mapa

As legendas do Mapa associam uma cor com um intervalo de valores para a variável em análise. Existem legendas distintas para sub-bacias, nós e trechos. Além disso, uma legenda Data/Hora está disponível para apresentar a data e a hora do período de simulação que está sendo mostrado no mapa.



Figura 7.8 - Legenda dos objetos do mapa

### Para Visualizar ou Ocultar uma Legenda no Mapa:

1. Selecionar **Visualizar >> Legendas** no Menu Principal ou clicar no botão direito do *mouse* sobre o Mapa e selecionar **Legendas** no submenu correspondente.
2. Clicar na legenda cujo estado queira alterar (mostrar ou ocultar).

Uma legenda visível pode ser ocultada clicando-se duas vezes sobre ela.

Para mover uma legenda de um lugar a outro deve-se pressionar o botão esquerdo do *mouse* e arrastá-lo até a nova localização mantendo-o pressionado.

Para fixar a legenda, soltar o botão esquerdo do *mouse*. Para editar a legenda, selecionar **Visualizar >> Legendas >> Modificar** no Menu Principal ou clicar no botão direito do *mouse* sobre a legenda. Aparecerá, então, o formulário Editor de Legendas (Ver Figura 7.9) que é utilizado para fixar os intervalos numéricos das diversas cores.

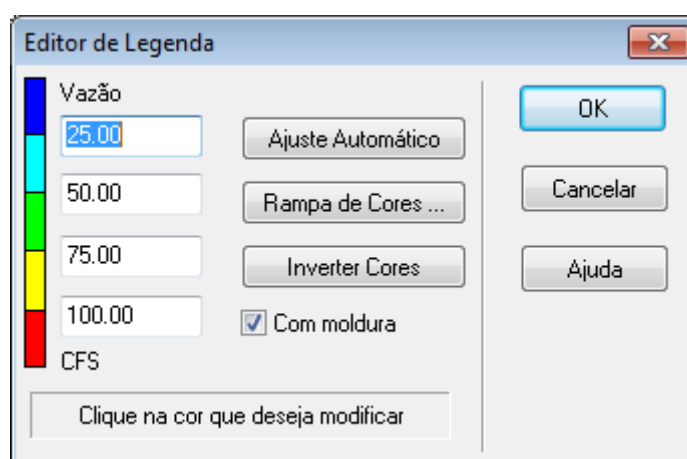


Figura 7.9 - Janela do Editor de Legendas

O Editor de Legendas é utilizado para fixar os intervalos numéricos aos quais se atribuem as diversas cores para a apresentação de um determinado parâmetro no Mapa da rede. Este editor funciona da seguinte forma:

- > Os valores numéricos, em ordem crescente, são introduzidos nas caixas de edição para definir os intervalos. Não é necessário introduzir valores nas quatro caixas disponíveis.
- > Para mudar uma cor da escala de cor proposta, clicar nela no editor e selecionar uma nova cor no menu que aparece.
- > Clicar no botão **Ajuste Automático** para atribuir automaticamente intervalos com base nos valores mínimos e máximos alcançados para o parâmetro em questão. Nota: atualmente, esta característica se aplica somente à gama de valores que ocorrem no período atual.
- > O botão da **Rampa de Cores** é utilizado para selecionar, de uma lista, escalas pré-definidas.
- > O botão de **Inverter Cores** inverte a ordem da seleção atual de cores (a cor do intervalo inferior passará a ser a do intervalo superior e vice-versa).

### 7.11 Utilizando a Vista Panorâmica do Mapa

O Mapa de Vista Panorâmica, como mostra a Figura 7.10, permite visualizar a zona destacada do mapa. Esta área é representada pelo limite retangular que se apresenta no mapa completo. Ao se arrastar o retângulo até outra posição, a vista selecionada dentro do mapa principal seguirá tal movimento. O mapa de vista panorâmica pode ser ativado/desativado selecionando **Visualizar >> Vista Panorâmica** no Menu Principal.

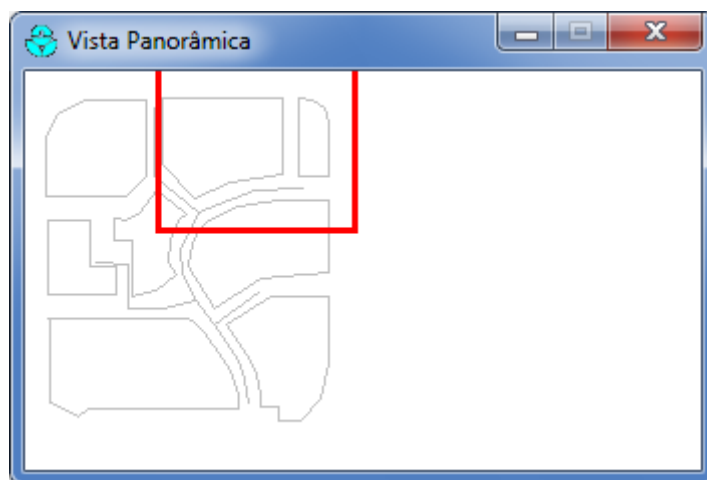



Figura 7.10 - Vista Panorâmica

### 7.12 Configurar a Apresentação do Mapa

A caixa de diálogo de Opções do Mapa (ver Figura 7.11) permite fixar diferentes opções de apresentação do Mapa da Área de Estudo.

Há diversas formas de ativar essa janela:

- > Selecionar **Ferramentas >> Opções do Mapa** do Mapa no Menu Principal ou,
- > Clicar no botão de Opção  da barra de ferramentas padrão quando a janela do Mapa da Área de Estudo estiver destacada ou,

- > Clicar no botão direito no mapa e selecionar Opções no submenu correspondente.

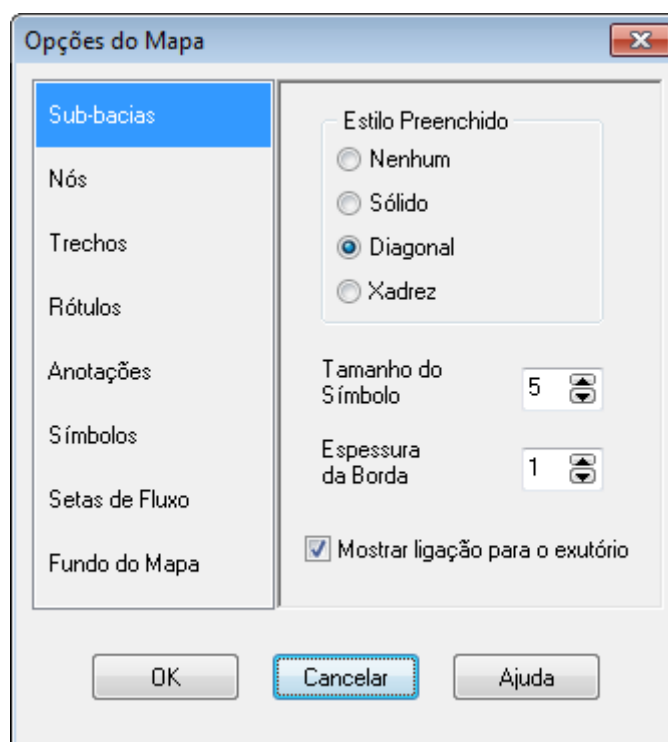


Figura 7.11 - Opções do Mapa

A caixa de diálogo apresenta uma página de parâmetros diferentes para cada categoria selecionada na coluna esquerda. A seguir, apresentam-se as diversas categorias da coluna esquerda com os respectivos parâmetros a serem selecionados. Os quadros que contêm páginas seccionadas, selecionadas no painel do lado esquerdo no formulário, poderão ser visualizadas; as categorias de opções para cada uma delas são:

- > Sub-bacias (estilo de preenchimento, tamanho do símbolo, espessura da borda e área de sub-bacias).
- > Nós (controla o tamanho dos nós e dimensiona proporcionalmente ao valor).
- > Trechos (controla a espessura dos trechos e dimensiona-os proporcionalmente ao valor).
- > Identificadores (exibe ou oculta os identificadores do mapa).
- > Comentários (exibe ou oculta os IDs dos nós e trechos e os valores de parâmetros).
- > Símbolos (exibe ou não os símbolos das unidades de armazenamento, bombas, reguladores).
- > Setas de fluxo (selecionar o estilo e a espessura das setas de direção de fluxo).
- > Imagem de fundo (muda a cor da imagem de fundo do mapa).

### 7.12.1 Opções de Sub-bacia

O quadro de opções do mapa, dedicado às áreas de sub-bacias, controla como estas áreas são mostradas no Mapa.

Opção	Descrição
Estilo de Preenchimento	Seleciona o estilo utilizado no interior das áreas de sub-bacia.
Tamanho do Símbolo	Fixa o tamanho do símbolo situado no centróide da área de sub-bacia.
Espessura da Borda	Fixa a espessura da linha usada ao desenhar o limite das áreas de sub-bacia; fixar 0 se não desejar mostrar nenhum limite.
Mostra o Trecho para o Exutório	Se habilitada, então uma linha tracejada é desenhada entre o centróide da sub-bacia e seu nó exutório.

### 7.12.2 Opções de Nós

O quadro de opções de mapa para os nós controla como eles são mostrados na área do mapa de estudo.

Opções	Descrição
Tamanho de Nó	Seleciona o diâmetro do nó em pixels.
Proporcional ao Valor	Permite selecionar se o tamanho de um nó aumenta conforme o diâmetro aumenta.
Mostrar Borda	Seleciona se deve-se mostrar uma borda ao redor de cada nó (recomendado para imagens de fundo em cor clara).

### 7.12.3 Opções de Trechos

O quadro de opções do mapa para os Trechos controla como eles são mostrados no Mapa.

Opções	Descrição
Tamanho do Trecho	Fixa a espessura dos trechos mostrados no mapa.
Proporcional ao Valor	Seleciona se a espessura do trecho aumenta conforme o parâmetro aumenta de valor.
Mostrar Borda	Permite selecionar uma borda preta ao redor de cada trecho.

### 7.12.4 Opções de Rótulos

O quadro de opções de mapa para os rótulos controla como eles são mostrados.

Opções	Descrição
Usar Texto Transparente	Habilitar esta opção para que o pano de fundo do texto seja transparente (caso contrário, será opaco).
Zoom Mínimo	Seleciona o mínimo zoom para que os rótulos sejam mostrados; para zooms menores os rótulos serão ocultados.

### 7.12.5 Opções de Anotações

Na página de Anotações da caixa de diálogo Opções do Mapa, determinam-se como serão apresentadas as anotações, ao lado dos objetos do modelo, no mapa da área de estudo.

Opções	Descrição
IDs dos Pluviômetros	Habilitar para mostrar os nomes dos IDs dos pluviômetros.
IDs das Sub-bacias	Habilitar para mostrar os nomes dos IDs das sub-bacias.
IDs dos Nós	Habilitar para mostrar os nomes dos IDs dos nós.
IDs dos Trechos	Habilitar para mostrar os nomes dos IDs dos trechos.
Valores das Sub-bacias	Habilitar para mostrar o valor atual da variável da sub-bacia.
Valores dos Nós	Habilitar para mostrar o valor atual da variável do nó.
Valores dos Trechos	Habilitar para mostrar o valor atual da variável do trecho.
Usar texto Transparente	Habilitar para mostrar o texto com pano de fundo transparente

	(caso contrário o pano de fundo será opaco).
Tamanho da Fonte	Ajusta o tamanho da fonte utilizada nas anotações.
Zoom Mínimo	Seleciona o zoom mínimo para que os comentários sejam mostrados; para zooms menores, os comentários serão ocultados.

### 7.12.6 Opções de Símbolos

A página apresentada na caixa de diálogo, para a categoria Símbolos, determina qual tipo de objeto será representado por símbolos especiais no mapa.

Opções	Descrição
Mostrar Símbolos para Nós	Ao selecioná-lo, se utilizam símbolos especiais para nós.
Mostrar Símbolos para Trechos	Ao selecioná-lo, se utilizam símbolos especiais para os trechos.
Zoom Mínimo	Seleciona o valor mínimo do zoom para mostrar os símbolos; para zooms menores, os símbolos não serão representados.

### 7.12.7 Opções de Setas de Fluxo

O quadro de opções de mapa para Setas de Fluxo determina como são mostradas as setas de direção de fluxo no mapa.

Opções	Descrição
Estilo de Seta	Seleciona o estilo (forma) da seta a ser mostrada (selecionar nenhum para ocultar as setas).
Tamanho de Seta	Mostra o tamanho da seta.
Zoom Mínimo	Seleciona o zoom mínimo para mostrar as setas; para zooms menores as setas estarão ocultas.

⚠ As setas de direção de fluxo só serão mostradas após a realização bem sucedida de uma simulação e que um parâmetro computado tenha sido selecionado para visualização. Caso contrário, a seta de direção apontará do nó inicial ao nó final tal como definido pelo usuário.

### 7.12.8 Opções de Fundo do Mapa

A categoria, Fundo do Mapa, da caixa de diálogo Opções do Mapa, é utilizada para selecionar uma cor para a imagem de fundo do mapa.

## 7.13 Exportar o Mapa

A vista completa da área de estudo do mapa pode ser salva (ver Figura 7.12) para um arquivo utilizando:

- > Formato de exportação do Autodesk (\*.DXF).
- > Formato de qualquer meta-arquivo do Windows (\*.EMF).
- > Formato de texto ASCII do EPA SWMM (\*.MAP).

O formato DXF é lido por qualquer computador que tenha um programa CAD. Os *meta-arquivos* podem ser lidos em editores de texto e carregados em programas de desenho para re-escalá-los e editá-los. Ambos os formatos estão baseados em vetores e não perderão resolução quando se apresentarem em outras escalas.

Para exportar um mapa a um arquivo DXF, *meta-arquivos* ou a um arquivo de texto:

1. Selecionar **Arquivo >> Exportar >> Mapa**.
2. No quadro de diálogo de exportar mapa, selecionar o formato de salvar o mapa.
3. Ao selecionar o formato DXF, haverá a possibilidade de escolher a representação dos nós no arquivo DXF. Assim, pode-se escolher entre círculos preenchidos, círculos abertos ou quadros preenchidos. Nem todos os leitores DXF podem reconhecer o formato utilizado no arquivo DXF no desenho de círculos preenchidos. Pode-se observar, também, que os comentários escritos no mapa, como os nomes dos nós ou trechos, não serão exportados, mas os identificadores dos objetos serão.
4. Após escolher um formato, clicar OK e introduzir o nome do arquivo no quadro de diálogo “Salvar Como”.

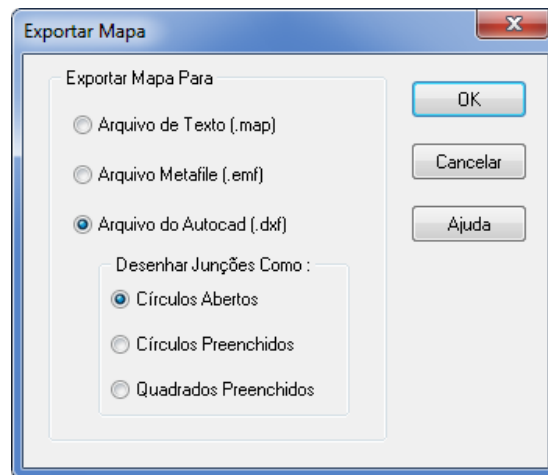


Figura 7.12 - Opções do Mapa

# 08 CAPÍTULO


## Executando uma Simulação

---

Após a descrição correta da área de estudo, o escoamento superficial, o comportamento hidráulico, bem como o da qualidade da água da área considerada, poderão ser simulados. Este capítulo explica como especificar as diversas opções a utilizar na análise dos resultados, como realizar a simulação e como localizar possíveis problemas que podem aparecer durante a execução.

### 8.1 Configurando Opções de Simulação

O SWMM possui um número de opções que controla como a simulação de um sistema de drenagem é realizada. Para configurar estas opções:

1. Selecionar a categoria Opções no Painel de Navegação.
2. Selecionar uma das seguintes categorias de opções para editar:
  - a) Opções Gerais.
  - b) Opções de Data.
  - c) Opções de Passo de Tempo.
  - d) Opções de Propagação do Fluxo mediante Onda Dinâmica.
  - e) Opções de Interface de Arquivos.
3. Clicar no botão  para ativar a caixa de diálogo Opções de Simulação.

A caixa de diálogo Opções de Simulação contém seções para cada uma dessas categorias de opções, que são descritas em detalhes em seguida.

#### 8.1.1 Opções Gerais

Na janela ativada, da aba Geral da caixa de diálogo Opções de Simulação (ver Figura 8.1) atribuem-se valores para as seguintes alternativas:

##### Modelos do Processo Físico

Esta seção permite que seja selecionado qual modelo de processo físico do SWMM será aplicado ao projeto atual. Por exemplo, um modelo que contém os elementos Aquífero e Água Subterrânea pode ser executado, primeiramente, com o elemento Água Subterrânea ativo e depois com este elemento inativo, para ver quais os efeitos sobre a hidrologia local.



Observe que, se não há os elementos no projeto, necessários para modelar um dado processo, então a opção relativa a este processo estará inativa (por exemplo, se a alternativa “Aquíferos” não está definida para o projeto, então a caixa de opção Águas Subterrâneas estará inativa para escolha).

### Modelo de Infiltração

Esta opção controla a modelagem da infiltração das chuvas na zona superior do solo na área da sub-bacia. As opções são:

- > Horton
- > Green-Ampt
- > Curva Número

Cada um destes modelos é descrito brevemente na seção 3.4.2. Para alterar esta opção é necessário introduzir novamente os valores dos parâmetros de infiltração em cada sub-bacia.

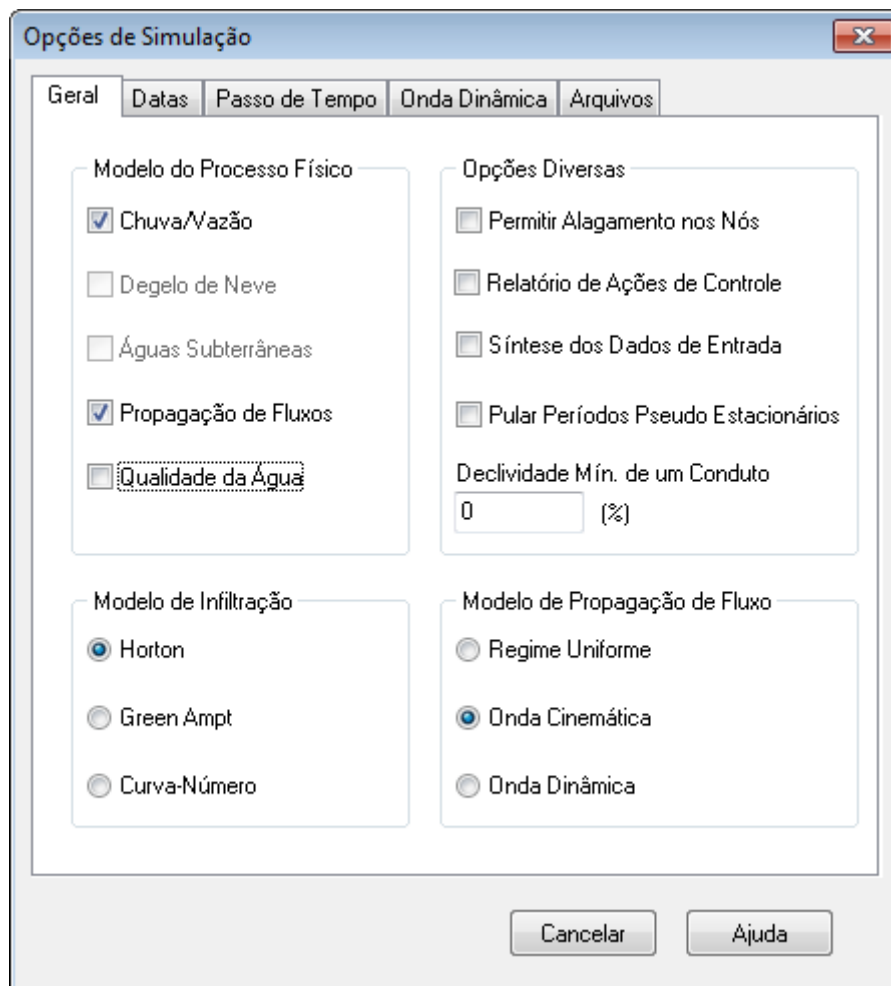


Figura 8.1 - Opções de Simulação

### Modelo de Propagação de Fluxo

Esta opção determina qual método será utilizado para a simulação hidráulica do fluxo através da rede de condutos. As opções possíveis são:

- > Regime Uniforme
- > Onda Cinemática

### > Onda Dinâmica

O item 3.4.5 faz uma breve descrição sobre cada um destes modelos.

### Permitir Alagamento nos Nós

Selecionar esta opção permite que o excesso de água acumulada nos nós seja reintroduzida ao sistema quando as condições permitirem. Para que haja alagamento, acima de um nó particular, é necessário atribuir um valor diferente de zero para a área de acumulação de água acima do nó.

### Relatório de Ações de Controle

Escolha esta opção caso queira que o Relatório do Estado da simulação enumere todas as Ações de Controle, adotadas pelas regras de controle, associadas ao projeto. Só serão indicadas no relatório as ações pontuais (discretas). As ações de controle que forem contínuas não serão relatadas. Esta opção deve ser utilizada somente para simulação de curto prazo.

### Síntese dos Dados de Entrada

Escolha esta opção caso queira que o Relatório do Estado da simulação forneça o resumo dos dados de entrada do projeto.

### Períodos Pseudo Estacionários

Selecionar esta opção fará com que a simulação utilize o último cálculo das vazões nos coletores, durante um passo de tempo no qual o escoamento pode ser considerado permanente, em vez de calcular os fluxos com outros métodos de propagação. Um passo de tempo no qual o escoamento pode ser considerado permanente ocorre se a variação das afluições externas em cada nó for inferior a 0,5 pés cúbicos por segundo (14,16 l/s) e se a diferença relativa entre o total dos fluxos entrando no sistema e o fluxo saindo do sistema de drenagem for inferior a 5%.

### Declividade Mínima de um Conduto

É o valor mínimo permitido para a declividade de um conduto. Se esta opção for deixada em branco ou com o valor zero (valor pré-definido), não se optou pela existência de um valor mínimo; no entanto o SWMM considera automaticamente um valor mínimo de 0,001 pés (ou seja, 0,00035 m) para a diferença de cotas entre as extremidades de um conduto quando calcula internamente a sua declividade.

## 8.1.2 Opções de Datas

Na janela ativada, da aba Datas da Caixa de diálogo Opções de Simulação, determinam-se a data e a hora do início e do final da simulação.

- > Início da Simulação: Introduzir a data (mês-dia-ano) e a hora do dia que a simulação começará.
- > Início de Relatórios: Introduzir a data e a hora do dia, a partir da qual os resultados da simulação serão apresentados. Esta deve ser idêntica à do início da simulação ou pode ser uma data posterior a esta.
- > Final da Simulação: Introduzir o dia e a hora que finalizará a simulação.
- > Início da Varrição: Digite o dia do ano (mês/dia), quando começam as operações de varrição de ruas. A data pré-definida é primeiro de janeiro.

- > **Fim da Varrição:** Digite o dia do ano (mês/dia), quando finalizarem as operações de varrição de ruas. A data pré-definida é 31 de dezembro.
- > **Dias Antecedentes sem Chuva:** Introduzir o número de dias sem precipitações, antes do começo da simulação. Este valor é utilizado para calcular uma carga inicial de poluentes sobre a superfície das sub-bacias.

💡 Se os dados de precipitação ou climatológicos são lidos de um arquivo externo, então as datas de simulação devem ser coincidentes com as datas destes arquivos.

### 8.1.3 Opções de Passo de Tempo

Na janela ativada da aba Passos de Tempo, da Opções de Simulação, se estabelecem a duração dos passos de tempo utilizados para os cálculos do escoamento superficial, da propagação dos fluxos nos condutos e dos relatórios de resultados. Os passos de tempo são especificados em dias e horas:minutos:segundo, exceto para a propagação do fluxo que é dado em decimais de segundos.

- > **Passo de Tempo do Relatório:** Introduza os intervalos de tempo para a apresentação dos resultados calculados.
- > **Passo de Tempo – Escoamento em Tempo seco:** Introduza a duração do passo de tempo utilizado para calcular o escoamento superficial (consistindo principalmente das acumulações de poluentes) durante períodos em que não há chuva nem água acumulada. Este passo de tempo tem que ser igual ou maior que o passo de tempo em período úmido.
- > **Passo de Tempo - Escoamento em Período Chuvoso:** Introduza a duração do passo de tempo, utilizado para calcular o escoamento superficial da sub-bacia, durante períodos de chuva ou quando a água acumulada permanece sobre a superfície.
- > **Passo de Tempo para Propagação do Fluxo:** Introduza a duração do passo de tempo, em décimos de segundos, utilizado para a propagação dos fluxos nos condutos e para o cálculo da qualidade da água do sistema de drenagem. Observar que o modelo de propagação da Onda Dinâmica requer passos de tempo bem menores que o dos outros modelos disponíveis.

### 8.1.4 Opções do Modelo da Onda Dinâmica

Na janela ativada da aba Onda Dinâmica, na caixa de diálogo de Opções de Simulação, fixam-se os diversos parâmetros que controlam como o fluxo é calculado pelo modelo da onda dinâmica. Esses parâmetros não têm efeito para os outros modelos de propagação de fluxos.

#### Termos de Inércia

Indica como os termos de inércia da equação de momento de Saint Venant serão administrados:

- > **KEEP:** mantém esses termos integralmente em todas as condições.
- > **DAMPEN:** reduz esses termos ao estar próximo ao fluxo crítico e os ignora quando o fluxo é supercrítico.
- > **IGNORE:** Os termos de inércia são desconsiderados, por completo, e a equação de Saint Venant se reduz a uma equação de difusão.

## Modo de Definição do Escoamento Supercrítico

Seleciona o modo usado, para determinar quando o fluxo supercrítico ocorre em um conduto. As escolhas são:

- > Somente pela declividade da superfície da água (declividade da superfície da água > declividade do conduto).
- > Somente pelo número de Froude (isto é, número de Froude > 1).
- > Tanto pelo número de Froude como pela declividade da superfície da água.

As duas primeiras opções eram utilizadas nas versões anteriores do SWMM, enquanto que a terceira, que checa uma ou outra condição, é agora recomendada.

## Equação da Perda de Carga

Seleciona a equação a ser utilizada, para computar as perdas por atrito, durante o escoamento do fluxo pressurizado em condutos circulares. Pode-se escolher a equação de Hazen-Williams ou a de Darcy-Weissbach.

## Uso de Passo de Tempo Variável

Marque a caixa de opção se um Passo de Tempo variável, calculado internamente, deve ser utilizado em cada período de tempo de cálculo e selecione um fator de ajuste (ou de segurança), para aplicar a este passo de tempo. O passo de tempo variável é calculado de modo a satisfazer a condição de Courant, em cada conduto. Um fator de ajuste típico seria de 75% para fornecer alguma margem de segurança. O passo de tempo variável calculado não poderá ser inferior a 0,5 segundos, nem maior que o passo de tempo fixo especificado na caixa de diálogo de Passo de Tempo. Se este for menor que 0,5 segundos, então a opção de passo de tempo variável é ignorada.

## Passo de Tempo para Alongamento Artificial de um Conduto

Este é um passo de tempo, em segundos, usado para alongar condutos, artificialmente, para que eles cumpram o critério de estabilidade de Courant, sob condições de fluxo total (ou seja, o tempo de deslocamento de uma onda não será menor do que o passo de tempo especificado para o alongamento artificial do conduto). À medida que este valor for reduzido, o número de condutos a exigir alongamento diminuirá. O valor zero significa que não há condutos a serem alongados. A relação entre o comprimento artificial e o original, para cada conduto, é listada na tabela de classificação de fluxo, que aparece no Relatório de Estado da simulação (ver item 9.1).

## Área Superficial Mínima

Esta é uma área de superfície mínima utilizada para os nós, quando os cálculos se alteram com a profundidade da água. Se for digitado o número zero, então será utilizado o valor pré-definido de 12.566 ft<sup>2</sup> (1,167 m<sup>2</sup>). Esta é a área de um poço de visita de 4 ft (0,305 m) de diâmetro. O valor digitado deve ser em pés quadrados para as unidades dos EUA ou metros quadrados para unidades SI.

### 8.1.5 Opções de Arquivos

A página dedicada aos arquivos de interface, na caixa de diálogo de Opções de Simulação (ver Figura 8.2), é utilizada para especificar que arquivos de interface serão utilizados ou salvos durante a simulação (arquivos de interface são descritos no Capítulo 9). A página

contém uma caixa de diálogo com três botões. A caixa de diálogo lista os arquivos atualmente selecionados, enquanto os botões são usados como segue:

- > **Adicionar:** adiciona um novo arquivo de especificação de interface à lista
- > **Editar:** edita as propriedades do arquivo de interface selecionado
- > **Excluir:** exclui a interface selecionada do projeto (mas não a exclui do disco rígido).

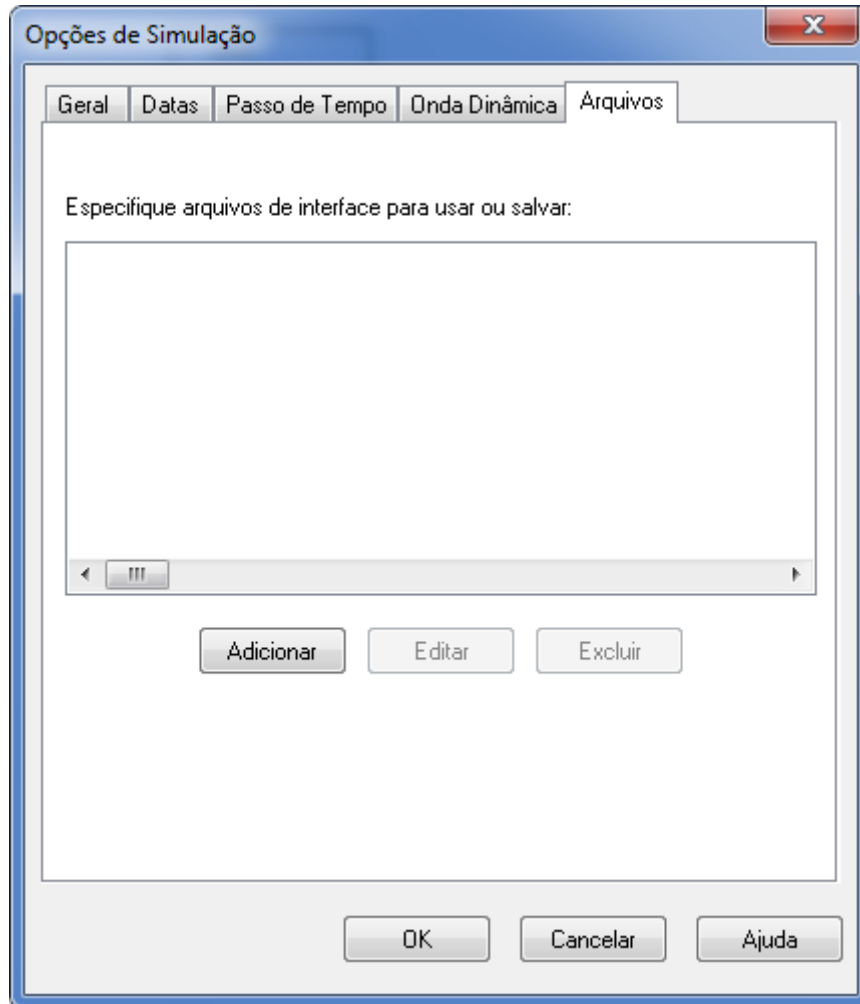



Figura 8.2 - Opções de arquivo

Quando os botões Adicionar ou Editar são clicados, aparece uma caixa de diálogo Seleccionar Arquivo de Interface (ver Figura 8.3), onde se pode especificar o tipo de arquivo de interface, se ele deve ser usado ou salvo, e seu nome. As entradas desta caixa de diálogo são:

- > **Tipo de Arquivo:** Seleciona o tipo de arquivo de interface a ser especificado
- > **Opção de Usar/Salvar:** Seleciona se o arquivo de interface nomeado será utilizado para fornecer entrada para uma simulação ou se os resultados da simulação serão salvos nele.
- > **Nome do Arquivo:** Digite o nome do arquivo de interface ou clique no botão  Procurar para selecionar um arquivo padrão do Windows na caixa de diálogo de seleção.

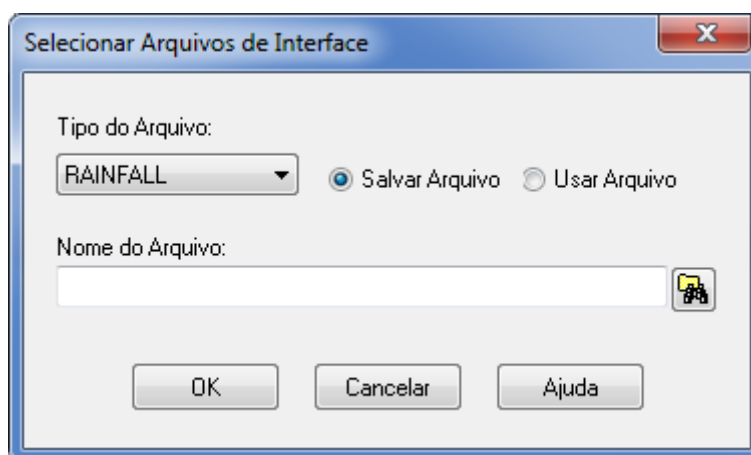



Figura 8.3 - Arquivo de interface

## 8.2 Configurando as Opções de Relatório

A caixa de diálogo Opções de Relatório, mostrada na Figura 8.4, é utilizada para selecionar, individualmente, sub-bacias, nós e trechos, que terão os resultados detalhados de séries temporais, salvos para visualização, após a execução de uma simulação. A situação pré-definida, para novos projetos, é que todos os objetos terão os resultados detalhados salvos nele. A caixa de diálogo é ativada selecionando a categoria **Relatório** da alternativa **Opções** do Painel de Navegação de Dados e clicando no botão .

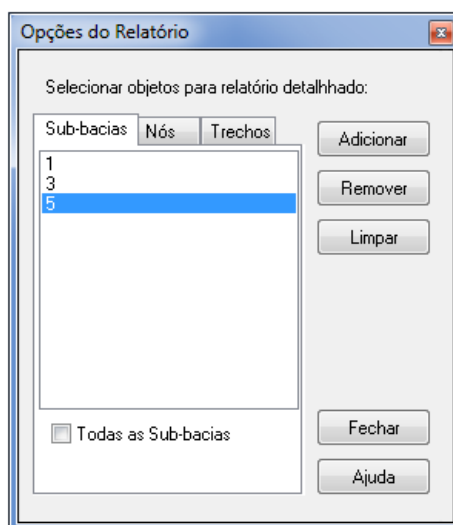


Figura 8.4 - Opções de Relatório

A janela contém três páginas - uma para cada categoria de objetos: sub-bacias, nós e trechos. Significa que você pode selecionar os itens diretamente do Mapa da Área de Estudo, ou do Painel de Navegação, enquanto a referida caixa de diálogo permanece visível.

Para incluir um objeto no relatório:

1. Selecione a aba a que pertence o objeto (sub-bacias, nós ou trechos).
2. Desmarque a opção "Todos" na caixa de seleção se ela estiver selecionada.
3. Selecione o objeto específico a partir do Mapa da Área de Estudo ou na lista do Painel de Navegação de Dados.

4. Clique no botão **Adicionar** na caixa de diálogo.
5. Repita os passos anteriores para outros objetos a serem adicionados.

Para excluir um item do conjunto selecionado para o relatório:


1. Selecione o item desejado na caixa de diálogo da lista.
2. Clique no botão de excluir para remover o item.

Para remover todos os itens de uma dada categoria de objeto do relatório, selecione a página da categoria do objeto e clique no botão **Limpar**.

Para incluir todos os objetos de uma determinada categoria no relatório, marque a opção "Todos" na página desta categoria (ou seja, sub-bacias, nós, ou trechos). Isso irá substituir os itens individuais que podem estar listados na página.

Para descartar a caixa de diálogo, clique no botão **Fechar**.

### 8.3 Iniciar uma Simulação

Para iniciar uma simulação, selecione **Projeto >> Executar Simulação** no menu principal ou clique no botão  na barra de ferramentas padrão. Uma janela de Estado da Simulação do Windows aparecerá para mostrar o progresso da simulação (ver Figura 8.5).

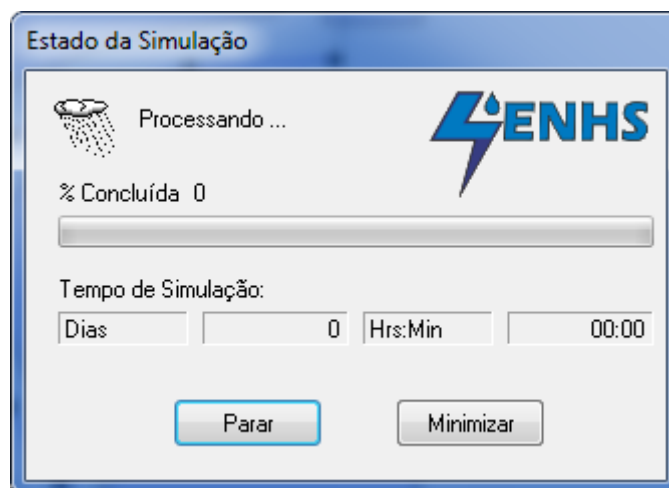



Figura 8.5 - Estado da Simulação

Para parar uma simulação antes do seu final, clicar no botão Parar na janela de Estado da Simulação ou pressionar a tecla *Esc* do teclado. Os resultados da simulação, até o momento em que foi interrompida, estarão disponíveis para visualização. Para minimizar o programa SWMM enquanto a simulação é executada, clique no botão Minimizar na janela de status do Windows.

Se a análise for executada com êxito, o ícone  aparecerá na seção do Estado da Simulação, na parte inferior da janela principal do SWMM. Qualquer erro ou mensagem de advertência irá aparecer em uma janela do Relatório do Estado. Se você modificar o projeto após uma simulação bem sucedida, o ícone da torneira muda para o símbolo de uma torneira quebrada, indicando que os resultados atuais computados já não se aplicam ao projeto modificado.

## 8.4 Problemas nos Resultados Obtidos

Quando uma simulação termina prematuramente, a caixa de diálogo de Estado indica que a simulação foi mal sucedida e direciona o usuário para o Relatório do Estado para mais detalhes. O Relatório do Estado vai incluir uma declaração de erro, código e descrição do problema (por exemplo, erro 138: Nó TG040 possui uma profundidade inicial maior do que a máxima). Consulte o Apêndice E para obter uma descrição das mensagens de erro do SWMM. Mesmo que a simulação seja concluída com êxito, deve-se analisá-la para garantir que os resultados são aceitáveis. A seguir estão as razões mais comuns para uma simulação terminar prematuramente ou para conter resultados questionáveis.

### Mensagem de Erro de ID Desconhecido

Um erro de ID desconhecido aparecerá no relatório da simulação quando as referências a um objeto não estão bem definidas. Um exemplo disto poderia ser uma área de sub-bacia cuja saída foi designada como N29, mas que não corresponde a nenhum nó ou área de sub-bacia. Situações similares podem ocorrer quando são feitas referências incorretas a Curvas, Séries Temporais, Padrões de Tempo, Aquíferos, Poluentes e Usos do Solo.

### Erros de Arquivo

Estes erros podem ocorrer quando:

- > Um arquivo não pode ser localizado no computador do usuário.
- > Um arquivo utilizado tem um formato inválido ou corrompido.
- > O arquivo que se pretende salvar não pode abrir porque o usuário não tem privilégios de escritura na pasta onde ele está armazenado.

O SWMM precisa de privilégios de escritura na área de transferência temporal para salvar os arquivos temporais durante a simulação. O diretório pré-definido é o que utiliza Windows. Caso tal diretório não exista ou o usuário não tenha permissão de escritura, então é necessário fixar um novo diretório temporário, utilizando o formulário de Preferências do Programa, conforme descrito no item 4.9.

### Erros no Traçado do Sistema de Drenagem

Um traçado válido para o sistema de drenagem deve obedecer às seguintes condições:

- > Um nó exutório só pode possuir um trecho conectado a ele.
- > Um nó de divisor de fluxo tem que possuir exatamente duas saídas de fluxo.
- > No fluxo uniforme ou da onda cinemática, um nó de conexão só pode possuir uma saída; um regulador de vazão (considerado como um trecho pelo SWMM) não pode ser o trecho de saída de um nó que não seja uma Unidade de Armazenamento.
- > No modelo de propagação pela onda dinâmica deve haver, pelo menos, um nó de saída na rede.

Aparecerá uma mensagem de erro se qualquer uma destas condições for violada.

### Erros Excessivos de Conservação de Massa

Quando a simulação é bem sucedida, os erros sobre a conservação de massa (equação da continuidade) nos cálculos do escoamento superficial, da propagação dos fluxos e da concentração dos agentes poluentes, são mostrados na janela de estado da simulação (ver Figura 8.6). Estes erros representam a diferença, em porcentagem, entre a quantidade



armazenada inicialmente, mais o fluxo que entra, e a quantidade armazenada no final mais o fluxo que sai. Se esta diferença supera um determinado nível (de aproximadamente 10%) os resultados da simulação deverão ser questionados. A razão mais comum para um erro excessivo na conservação da massa é a escolha de um passo de tempo de cálculo demasiado grande ou condutos demasiado curtos.

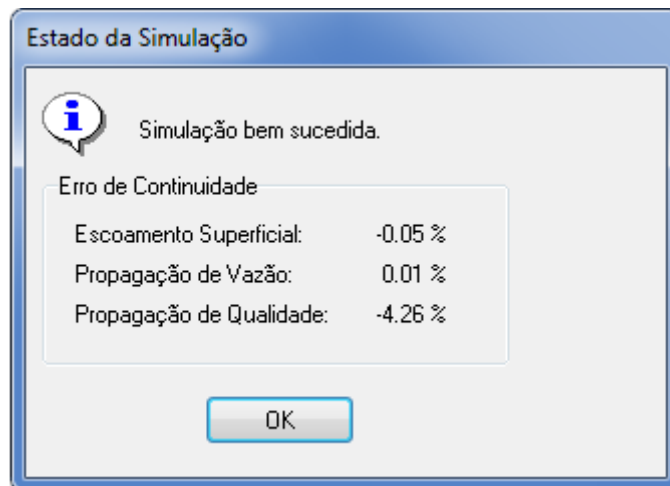


Figura 8.6 - Mensagem de erro da simulação

Além dos erros de conservação da massa do sistema de drenagem, o Relatório do Estado produzido pela simulação (ver item 9.1) irá listar os nós da rede de drenagem que possuem os maiores erros de conservação da massa. Se há um erro excessivo em um nó, então deve ser considerado, em primeiro lugar, se o nó em questão é importante para o objetivo da simulação. Caso positivo, maiores estudos serão necessários para determinar como o erro pode ser reduzido.

### Instabilidades Numéricas nos Cálculos

Devido ao esquema explícito utilizado na resolução da equação da onda dinâmica (e em menor grau também da onda cinemática), o fluxo em muitos trechos, ou a profundidade da água em muitos nós, podem flutuar ou oscilar, significativamente, em determinados períodos de tempo, como resultado de instabilidades numéricas no método de resolução. O SWMM não identifica, automaticamente, quando este erro ocorre, de modo que cabe ao usuário verificar a estabilidade numérica do modelo e determinar se os resultados da simulação são válidos para os objetivos da modelagem. Os gráficos de séries temporais, em locais chaves da rede de drenagem, podem ajudar a identificar tais situações, assim como os gráficos de dispersão entre o fluxo em um trecho e a profundidade correspondente da água em seu nó de montante (ver item 9.4 - Observação de Resultados com Gráficos).

Instabilidades numéricas podem ocorrer durante curtos períodos de tempo e podem não ser visíveis quando as séries temporais são plotadas com um intervalo de tempo longo. Ao detectar tais instabilidades, é recomendável utilizar um passo de tempo de no máximo um minuto, pelo menos, para uma triagem inicial dos resultados.

O Relatório do Estado da simulação indica os trechos com os cinco maiores valores de um Índice de Instabilidade de Fluxo (FII). Esse índice conta o número de vezes em que o valor do fluxo em um trecho é maior ou menor do que o fluxo no período antecedente, bem como no período posterior. O índice é normalizado em relação ao número esperado de tal "número de vez", que poderia ocorrer para uma série aleatória pura de valores e pode variar de 0 a 150.

Como exemplo de como o Índice de Instabilidade de Fluxo pode ser usado, considere a Figura 8.7 mostrada em seguida. A linha cheia plota o hidrograma do escoamento para o trecho identificado, como tendo o maior valor FII (100) em uma simulação de propagação de fluxo pela onda dinâmica que utilizou um passo de tempo fixo de 30 segundos. A linha tracejada mostra o hidrograma resultante quando um passo de tempo variável foi utilizado em vez de um passo de tempo constante. Nota-se, que agora, a solução está completamente estável.

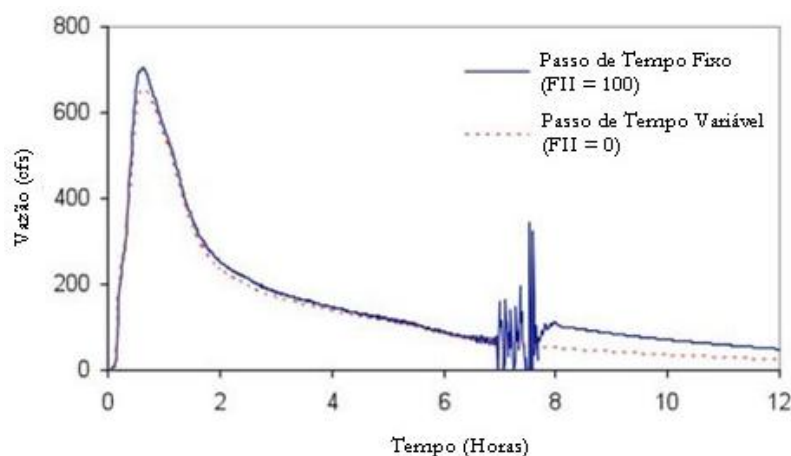


Figura 8.7 - Índice de Instabilidade de Fluxo

As séries temporais de fluxo, para o trecho com o maior FII, devem ser analisadas para garantir que os resultados da propagação dos fluxos sejam estáveis de modo aceitável.

As instabilidades numéricas no cálculo da propagação pela onda dinâmica podem ser reduzidas das seguintes maneiras:

- > Reduzindo os intervalos de tempo.
- > Utilizando a opção de passo de tempo variável com um fator de passo de tempo menor.
- > Selecionando a opção de ignorar o termo de inércia da equação de momento de Saint Venant.
- > Selecionando a opção de alongamento artificial de condutos curtos.



# 09 CAPÍTULO

## Visualizando os Resultados da Simulação

Este capítulo descreve as diversas formas de visualizar os resultados de uma simulação. Estes resultados podem ser visualizados através de relatórios do estado da simulação, de apresentações de mapas, de gráficos, de tabelas e de um relatório estatístico de frequência.

### 9.1 Visualizar um Relatório do Estado da Simulação

Pode-se visualizar um relatório do estado da simulação após a execução do programa. Ele contém:


- > O sumário das principais opções de simulação.
- > Uma lista na qual aparece cada erro encontrado ao longo da simulação.
- > Um sumário listando os dados de entrada do projeto (se requerido na Opção de Simulação).
- > Um sumário dos dados de leitura de cada arquivo de chuva usado na simulação.
- > Uma descrição de cada regra de controle adotada durante a simulação (se requerida na Opção de Simulação).
- > Os erros de balanço de massa encontrados para:
  - Escoamento da quantidade e qualidade.
  - Escoamento de água subterrânea.
  - Fluxo no sistema de escoamento e qualidade da água.
- > Os nomes dos nós com os maiores erros individuais de continuidade do fluxo.
- > Os nomes dos condutos que, na maioria das vezes, determinam o tamanho do passo de tempo utilizado para a propagação do fluxo (somente quando é empregada a opção de passo de tempo variável).
- > Os nomes dos trechos com os valores mais altos do Índice de Instabilidade de Fluxo.
- > Informações sobre o intervalo adotado de passos de tempo da propagação e o percentual destes que foram considerados estados estáveis.


Além disso, o relatório contém várias tabelas, que apresentam uma síntese dos resultados das variáveis de maior interesse para cada sub-bacia, unidades de controle LID, nós e trechos. As tabelas e informações correspondentes estão listadas em seguida.

Tabela	Colunas
Escoamento na Sub-bacia	Precipitação total (pol ou mm).
	Escoamento total afluente de outras sub-bacias (pol ou mm).
	Evaporação total (pol ou mm).
	Infiltração total (pol ou mm).
	Lâmina total do escoamento (pol ou mm).
	Volume de escoamento total (milhões de galões ou milhões de litros).
	Coefficiente de escoamento (relação entre o escoamento total e a chuva total).
Desempenho do LID	Volume total de entrada de fluxo.
	Perda total por evaporação.
	Perda total por infiltração.
	Fluxo superficial de saída total.
	Fluxo total de saída da drenagem submersa.
	Volume inicial armazenado.
	Volume final armazenado.
	<i>Nota: todas estas quantidades são expressas em altura (pol ou mm) sobre a área superficial unitária (LID).</i>
Lixiviação da Sub-bacia	Massa total lixiviada de cada poluente da sub-bacia (lb ou kg).
Profundidade de Água nos Nós	Profundidade média de água (pés ou m).
	Profundidade máxima de água (pés ou m).
	Cota piezométrica máxima (pés ou m).
	Instante da ocorrência da profundidade máxima.
Fluxo de Entrada nos Nós	Entrada de fluxo lateral máxima (unidade de fluxo).
	Entrada de fluxo total máxima (unidade de fluxo).
	Instante da ocorrência da entrada de fluxo máxima.
	Volume total de entrada de fluxo lateral (milhões de galões ou milhões de litros).
	Volume total de entrada de fluxo (milhões de galões ou milhões de litros).
	<i>Nota: Entrada de fluxo total consiste na entrada de fluxo lateral mais a entrada de fluxo dos trechos de conexão.</i>
Sobrecarga nos Nós	Horas de sobrecarga.
	Altura máxima da água sobre a geratriz superior do conduto mais alto (pés ou m).
	Profundidade mínima do nível da água, abaixo da borda superior do nó (pés ou m).
	<i>Nota: A sobrecarga ocorre quando a água sobe acima da crista do conduto mais alto; são listados apenas os condutos com sobrecargas.</i>
Inundação nos Nós	Duração da inundação, em horas.
	Vazão máxima da inundação (unidade de fluxo).
	Instante de ocorrência da inundação máxima (dias:horas).
	Volume total inundado (milhões de galões ou milhões de litros).
	Volume alagado máximo (1000 m <sup>3</sup> ou ft <sup>3</sup> ) ou Altura alagada máxima (pés ou m).
	<i>Nota: Inundação se refere a toda água que transborda de um nó, podendo alagar ou não; são listados apenas os nós com inundação.</i>
Volumes Armazenados	Volume médio de água nas instalações (1000 m <sup>3</sup> ou ft <sup>3</sup> ).
	Porcentagem média da capacidade de armazenamento total utilizada.
	Volume máximo de água nas instalações (1000 m <sup>3</sup> ou ft <sup>3</sup> ).

	Porcentagem máxima da capacidade de armazenamento total utilizada.
	Tempo máximo de água armazenada.
	Taxa da saída de fluxo máxima das instalações (unidade de fluxo).
Capacidade de Efluência do Exutório	Porcentagem de tempo das descargas do exutório.
	Descarga de fluxo média (unidade de fluxo).
	Descarga de fluxo máxima (unidade de fluxo).
	Volume total de fluxo descarregado (milhões de galões ou milhões de litros).
	Massa total descarregada de cada poluente (lb ou kg).
Fluxo dos Trechos	Fluxo máximo (unidade de fluxo).
	Instante da ocorrência do fluxo máximo.
	Velocidade máxima (pés/s ou m/s).
	Relação entre o fluxo máximo e o fluxo normal (conduto cheio).
	Relação da profundidade da água do fluxo máximo com a do fluxo normal (conduto cheio).
Classificação dos Escoamentos	Relação entre o comprimento ajustado do conduto e o comprimento real.
	Fração de tempo gasto nas seguintes categorias de fluxo: <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Seco em ambas as extremidades.</li> <li>&gt; Seco na extremidade de montante.</li> <li>&gt; Seco na extremidade de jusante.</li> <li>&gt; Escoamento subcrítico.</li> <li>&gt; Escoamento supercrítico.</li> <li>&gt; Escoamento crítico na extremidade de montante.</li> <li>&gt; Escoamento crítico na extremidade de jusante.</li> </ul>
	Número de Froude médio.
	Mudança média de escoamento em cada passo de tempo (unidade de fluxo).
	Horas em que o conduto está cheio em: <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Ambas as extremidades.</li> <li>&gt; Extremidade de montante.</li> <li>&gt; Extremidade de jusante.</li> </ul>
	Horas em que o fluxo do conduto está acima do fluxo normal.
	Horas em que o conduto está com capacidade limitada. <i>Nota: São listados somente os condutos com uma ou mais entradas diferentes de zero; um conduto é considerado com capacidade limitada se sua extremidade de montante está cheia e a declividade HGL é maior do que a declividade do conduto.</i>
Síntese do Bombeamento	Porcentagem de tempo em que a bomba está ligada.
	Vazão máxima bombeada (unidade de fluxo).
	Vazão média bombeada (unidade de fluxo).
	Energia total consumida, considerando um rendimento de 100% (kWh).
	Porcentagem de tempo em que a bomba opera fora da sua curva característica.

O Relatório do Estado pode ser visualizado selecionando **Relatório >> Estado** no Menu Principal. Sua janela inclui um painel de temas que facilita navegar entre os tópicos listados na Tabela anterior.

Para copiar um texto selecionado do relatório do estado, para um arquivo ou para a área de transferência do Windows, selecione, primeiro, o texto a copiar com o *mouse*, e escolha **Editar >> Copiar Para**, desde o Menu Principal (ou pressione o botão  da barra de ferramentas padrão). Caso queira copiar o relatório inteiro, não é necessário selecionar, primeiro, o texto com o *mouse*.

Para localizar um objeto em uma das tabelas do relatório do estado, selecione primeiro o nome do objeto, com o *mouse*, e escolha **Editar >> Localizar Objeto** do Menu principal (ou pressione o botão  da barra de ferramentas padrão e escolha **Encontrar Objeto** no submenu). Então, numa caixa de diálogo **Localizador do Mapa** que aparece, selecione o tipo de objeto a localizar (sub-bacia, nó ou trecho) e pressione o botão **Ir** (o nome do objeto já deve ter sido inserido). O objeto aparecerá realçado, tanto no mapa da área de estudo, como nos dados do navegador.

## 9.2 Variáveis que Podem ser Visualizadas

Os resultados encontrados, em cada passo de tempo do relatório para as variáveis, listadas a seguir, estão disponíveis para visualização no mapa e podem ser impressos, tabulados e analisados estatisticamente:

Variáveis da sub-bacia:

- > Intensidade de precipitação (pol/h ou mm/h).
- > Altura de neve (pol ou mm).
- > Perdas (infiltração + evaporação em pol/h ou mm/h).
- > Escoamento superficial (unidade de fluxo).
- > Escoamento subterrâneo para a rede de drenagem (unidade de vazão).
- > Cota da água subterrânea (pés ou m).
- > Concentração da varrição de cada poluente (massa/litro).

Variáveis do nó:

- > Profundidade da água (pés ou metros acima do radier).
- > Carga hidráulica (pés ou m, elevação absoluta a partir do datum).
- > Volume de água armazenado, incluindo superfícies alagadas (pés<sup>3</sup> ou m<sup>3</sup>).
- > Escoamento lateral (escoamento superficial + todas outras afluições externas, em unidade de vazão).
- > Vazão total (escoamento lateral + escoamento de montante, em unidade de vazão).
- > Área de alagamento (excesso de vazão quando o nó está preenchido até sua cota máxima, em unidade de vazão).
- > Concentração de cada poluente após qualquer tratamento aplicado ao nó (massa/litro).

Variáveis do trecho:

- > Vazão (em unidade de vazão).
- > Profundidade média da água (pés ou m).

- > Velocidade de escoamento (pés/s ou m/s).
- > Número de Froude (adimensional).
- > Capacidade (relação entre profundidade e profundidade total).
- > Concentração de cada poluente (massa/litro).

Variáveis gerais do sistema:

- > Temperatura do ar (°F ou °C)
- > Taxa de evaporação (pol/dia ou mm/dia)
- > Intensidade total da precipitação (pol/h ou mm/h)
- > Altura total nevada (pol ou mm)
- > Perdas médias (pol/h ou mm/h)
- > Escoamento superficial total (unidade de vazão)
- > Vazão afluyente no tempo seco (unidade de vazão)
- > Vazão subterrânea total (unidade de vazão)
- > Vazão I&I total (unidade de vazão) – Vazão de afluência RDII
- > Escoamento direto total (unidade de vazão)
- > Vazão externa total (unidade de vazão)
- > Vazão de inundação total (unidade de vazão)
- > Vazão total dos exutórios (unidade de vazão)
- > Volume total armazenado por nó (pés<sup>3</sup> ou m<sup>3</sup>)

### 9.3 Visualizando Resultados no Mapa

Existem várias formas para visualizar valores distintos dos parâmetros de entrada e dos resultados da simulação dentro do Mapa da Área de Estudo:

- > Para a configuração atual do Navegador de Dados, os dados das sub-bacias, dos nós e dos trechos do mapa serão coloridos de acordo com as Legendas do Mapa. A escala de cores do mapa será atualizada quando um novo período de tempo for selecionado no Navegador do Mapa.
- > Ao selecionar “Rótulo de Vista Rápida no Mapa”, na página de Preferência, em Ferramentas (ver item 4.9), movendo-se o *mouse* sobre algum objeto do mapa, aparecerá seu identificador ID e o valor dos parâmetros atuais para o objeto.
- > Os nomes ID e os parâmetros diversos podem ser mostrados ao lado de todas as sub-bacias, nós e/ou trechos, simplesmente selecionando as opções adequadas na página de anotação da caixa de diálogo Opções do Mapa (ver item 7.11).
- > As sub-bacias, nós ou trechos que atendem certos critérios podem ser identificados submetendo-os a uma Consulta do Mapa (ver item 7.8).
- > É possível realizar uma animação para a apresentação dos resultados na rede do mapa, para frente ou para trás, simplesmente utilizando os controles na barra de ferramentas de animação do Navegador.




- > O mapa pode ser impresso, copiado para a área de transferência do Windows, salvo como um arquivo DXF ou como um meta-arquivo do Windows (ver item 7.12).

## 9.4 Visualizar Resultados com um Gráfico

Os resultados de uma simulação podem ser visualizados utilizando vários tipos de gráficos. Os gráficos podem ser impressos, copiados para a área de transferência de Windows, salvos como um arquivo de dados ou como um meta-arquivo do Windows. Os seguintes tipos de gráficos podem ser criados a partir dos resultados disponíveis da simulação:

- > Série Temporal (ver Figura 9.1)
- > Perfil Longitudinal (ver Figura 9.2)
- > Diagrama de Dispersão (ver Figura 9.3)

Qualquer gráfico pode ser aproximado/distanciado mantendo a tecla **Shift** pressionada, enquanto se desenha um retângulo com o *mouse*. O desenho é aproximado quando o traçado é da esquerda para a direita; se desenhado da direita para a esquerda, distancia-se o desenho. O diagrama pode se mover em qualquer direção mantendo-se pressionada a tecla **Ctrl** e movendo o *mouse* através do diagrama com o botão esquerdo pressionado.

Um gráfico aberto será redesenhado, normalmente, quando uma nova simulação é realizada. Um gráfico pode ser bloqueado para prevenir uma atualização automática ao se computar um novo resultado. Para fazer isto, clique o ícone  situado no canto superior esquerdo do gráfico; para desbloqueá-lo, clique no ícone novamente.

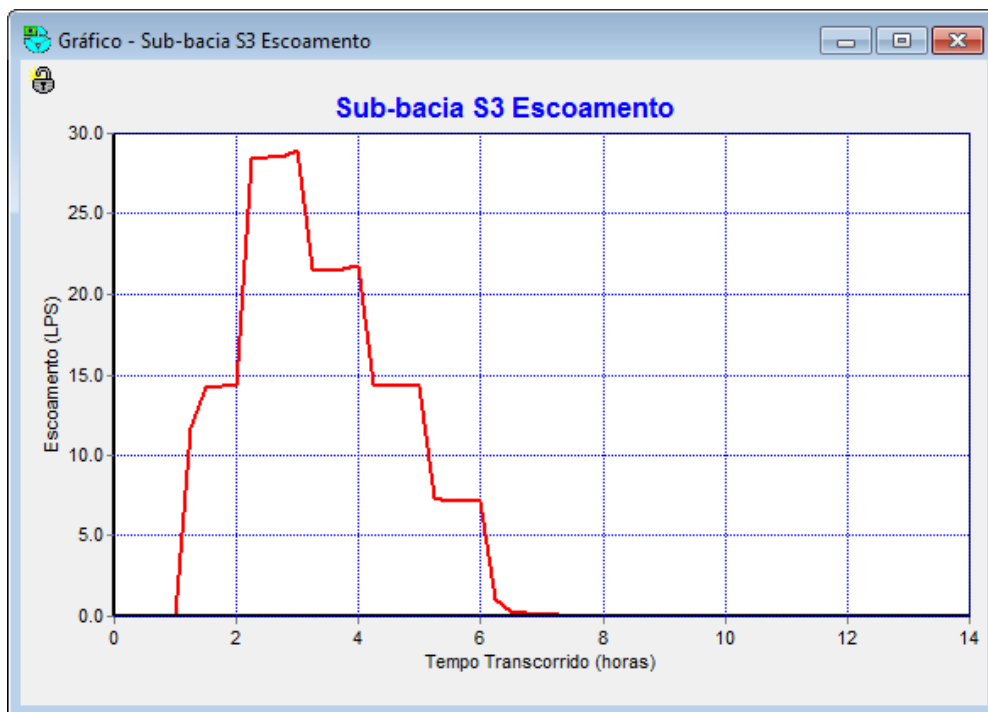


Figura 9.1 - Gráfico de série temporal

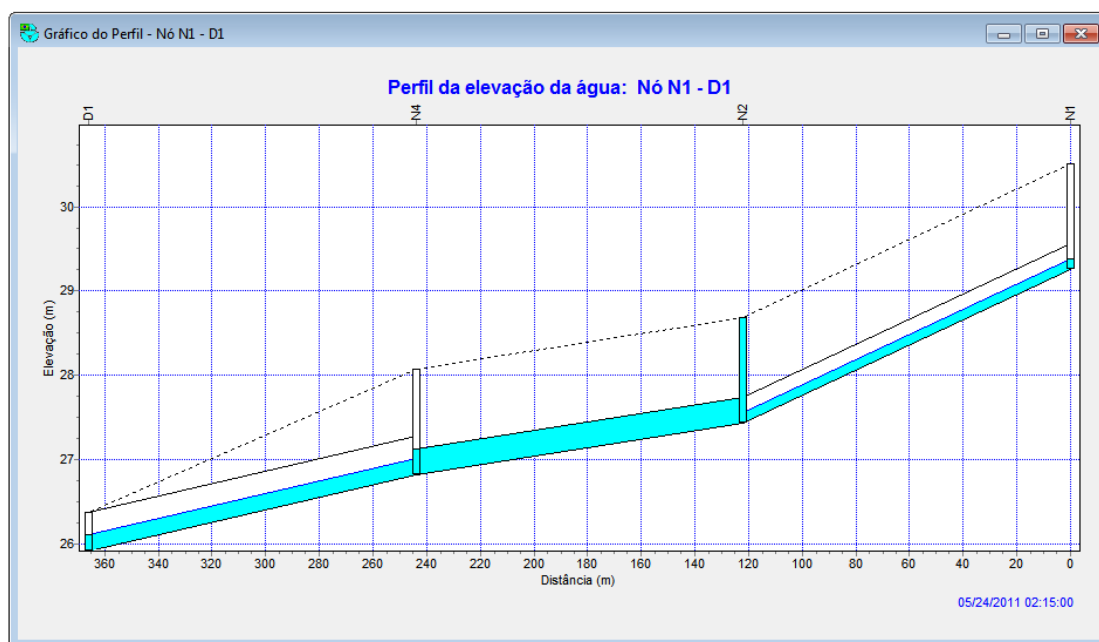


Figura 9.2 - Gráfico de perfil longitudinal




Figura 9.3 - Diagrama de dispersão

### 9.4.1 Gráfico de Série Temporal

Um gráfico de série temporal representa o valor de uma determinada variável, em função do tempo, em até seis localizações diferentes. Quando somente uma localização é plotada, e esta possui dados de calibração para a referida variável, estes dados serão apresentados, também, com os resultados da simulação (ver item 5.5).

Para criar um gráfico de série temporal:

1. Selecionar **Relatório >> Gráfico >> Série Temporal** no Menu Principal ou pressionar  na barra de ferramentas padrão.
2. A caixa de diálogo Gráfico de Série Temporal aparecerá (ver Figura 9.4). Ela deverá ser utilizada para selecionar quais objetos e variáveis devem ser plotados.

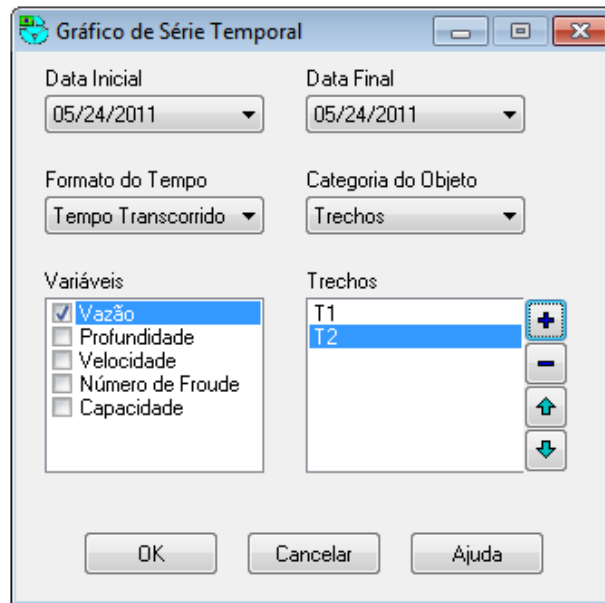


Figura 9.4 - Caixa de diálogo de gráfico de série temporal

A caixa de diálogo, do Gráfico de Série Temporal, descreve os objetos e as variáveis a serem representadas graficamente. Podem ser plotadas, também, séries temporais para certas variáveis do sistema, tais como precipitação total, escoamento total, cheia total etc. Para tanto:

1. Selecionar uma Data de Início e uma Data de Finalização para a tabela (o valor pré-definido é o período de simulação inteiro).
2. Escolher se pretende mostrar o tempo como tempo decorrido ou como valores data/hora.
3. Escolher uma categoria do objeto a plotar (Sub-bacia, Nó, Trecho ou Sistema).
4. Se a categoria do objeto não é Sistema, identificar o objeto a plotar da seguinte forma:
  - a) Selecionando o objeto no Mapa da Área de Estudo ou no Navegador de Dados.
  - b) Clicando no botão na caixa de diálogo para adicioná-lo no gráfico.
  - c) Repetindo estes passos para outros objetos adicionais da mesma categoria.
5. Selecionar uma variável simulada a ser plotada. A variável a escolher depende da categoria do objeto selecionado.
6. Clicar no botão OK para criar o gráfico.

Podem ser selecionados um máximo de 6 objetos para um único gráfico. Os objetos selecionados podem ser excluídos, movidos para cima ou para baixo clicando nos botões


, , e , respectivamente.

### 9.4.2 Gráfico do Perfil Longitudinal

Um gráfico do perfil longitudinal mostra a variação, no tempo, da profundidade simulada da água, com a distância, sobre o caminhamento dos trechos do sistema coletor e os nós de um ponto particular. Uma vez criado o perfil longitudinal, ele será automaticamente

atualizado quando for selecionado um novo período de tempo utilizando o Navegador do Mapa.

Para criar um diagrama do perfil:

1. Selecionar **Relatório >> Gráfico >> Perfil Longitudinal** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas padrão.
2. Aparecerá a caixa de diálogo do Gráfico de Perfil (ver figura 9.5). Usar essa caixa de diálogo para identificar o caminhamento ao longo do qual o perfil será traçado.

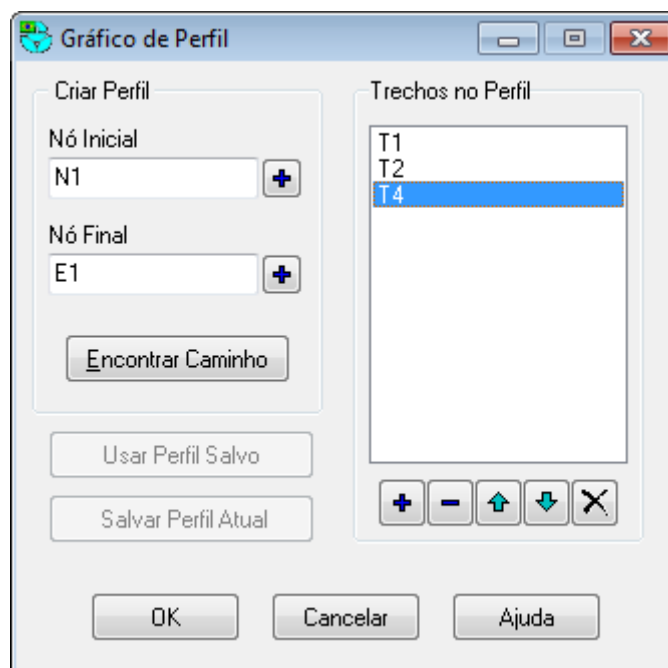








Figura 9.5 - Caixa de diálogo do Gráfico do Perfil Longitudinal

A caixa de diálogo é utilizada para especificar a sequência dos trechos conectados no sistema de transporte, ao longo do qual se estabelecerá o perfil temporal da profundidade da água versus distância. Para definir a sequência usando a caixa de diálogo:

1. Introduzir o ID do nó situado a montante do primeiro trecho da sequência no campo de edição do Nó Inicial (ou clicar no nó do mapa de estudo e depois no botão  para editar o campo).
2. Introduzir o ID do nó de jusante do último trecho da sequência no campo de edição do Nó Final (ou clicar no nó do mapa de estudo e depois no botão  para editar o campo).
3. Clicar no botão **Encontrar Caminho** para que o programa identifique, automaticamente, o trajeto com o menor número de trechos entre os nós iniciais e finais. Eles estarão listados nos Trechos, na caixa de diálogo **Gráfico de Perfil**.
4. Pode ser inserido um novo nó, dentro dos trechos na lista de Perfis, selecionando-se um novo trecho no Mapa da Área de Estudo ou no Navegador de Dados, clicando no botão  abaixo da caixa de diálogo Gráfico de Perfil.
5. As entradas na lista de trechos no perfil podem ser excluídas ou reorganizadas usando os botões, ,  e  abaixo da caixa de listagem.


6. Clicar OK para visualizar o perfil plotado.

Para salvar os trechos atuais listados no quadro para utilização futura:

1. Clicar o botão Salvar Perfil Atual.
2. Fornecer um nome ao perfil quando solicitado.


Para utilizar um perfil salvo previamente:

1. Clicar no botão Usar Perfil Salvo.
2. Selecionar o perfil a utilizar, desde o quadro de seleção de perfis que aparece.


Os diagramas de perfis também podem ser criados antes dos resultados de alguma simulação disponível, para ajudar e verificar o esquema (layout) vertical de um sistema de drenagem. Os diagramas criados desta maneira conterão um botão de atualização  no canto superior esquerdo, que pode ser usado para redesenhar o diagrama após ser feita a edição de algum dado de elevação na plotagem.

### 9.4.3 Gráfico de Dispersão

Um gráfico de dispersão mostra a relação entre um par de variáveis, tal como a taxa de fluxo em uma tubulação, versus a profundidade da água em um nó. Para criar um gráfico de dispersão:

1. Selecionar **Relatório >> Gráfico >> Dispersão** no Menu Principal ou clicar o botão  da barra de ferramenta padrão.
2. Especificar que intervalo de tempo e que pares de objetos, com suas variáveis, serão representados no gráfico de dispersão. Utiliza-se para isto a caixa de diálogo que aparece.

A caixa de diálogo do Gráfico de Dispersão (ver Figura 9.6) é usada para selecionar os objetos e variáveis a serem representados graficamente, um versus o outro, em um gráfico de dispersão. Usa-se a caixa de diálogo como segue:

1. Selecione a data de início e fim do diagrama (o valor pré-definido é o período inteiro da simulação).
2. Selecione as seguintes escolhas para a variável X (a quantidade plotada ao longo do eixo horizontal):
  - a) Categoria do Objeto (Sub-bacia, Nó ou Trecho).
  - b) Identificador ID do objeto (introduza um valor ou clique sobre o objeto, na Área de Estudo ou no Navegador de Dados e, então, clique no botão  na caixa de diálogo).
  - c) Variável a plotar (a escolha depende da categoria de objeto selecionado).
3. Realizar os mesmos passos para a variável Y (a quantidade plotada ao longo do eixo vertical).
4. Clique no botão OK para criar o diagrama.

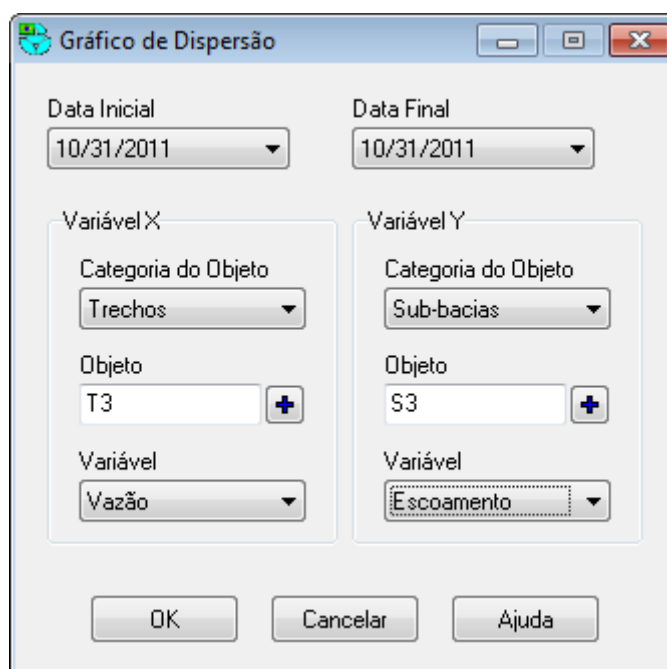



Figura 9.6 - Caixa de diálogo do gráfico de dispersão

## 9.5 Personalizar a Aparência de um Gráfico

Para personalizar a aparência de um gráfico:

1. Ative a janela do gráfico (clique na barra de título).
2. Selecionar **Relatório >> Personalizar** a partir do Menu Principal ou pressionar  na barra de ferramentas padrão ou clicar com o botão direito do *mouse* sobre o gráfico.
3. Utilizar a caixa de diálogo de **Opções de Gráfico** que aparece para personalizar a aparência de uma Série Temporal, de um Gráfico de Dispersão ou utilize a opção de Diagrama de Perfil.

### 9.5.1 Caixa de Diálogo de Opções de Gráfico

A caixa de diálogo Opções do Gráfico (ver Figura 9.7) é utilizada para personalizar a aparência de um gráfico de série temporal ou de dispersão. Para utilizar o quadro de diálogo:

1. Selecionar alguma das cinco páginas tabuladas que mostram as seguintes categorias de opções: Geral, Eixo horizontal, Eixo vertical, Legenda e Séries.
2. Selecionar as opções pré-definidas caso se deseje utilizar a configuração atual pré-definida para todos os novos gráficos.
3. Selecionar OK para aceitar as escolhas realizadas.

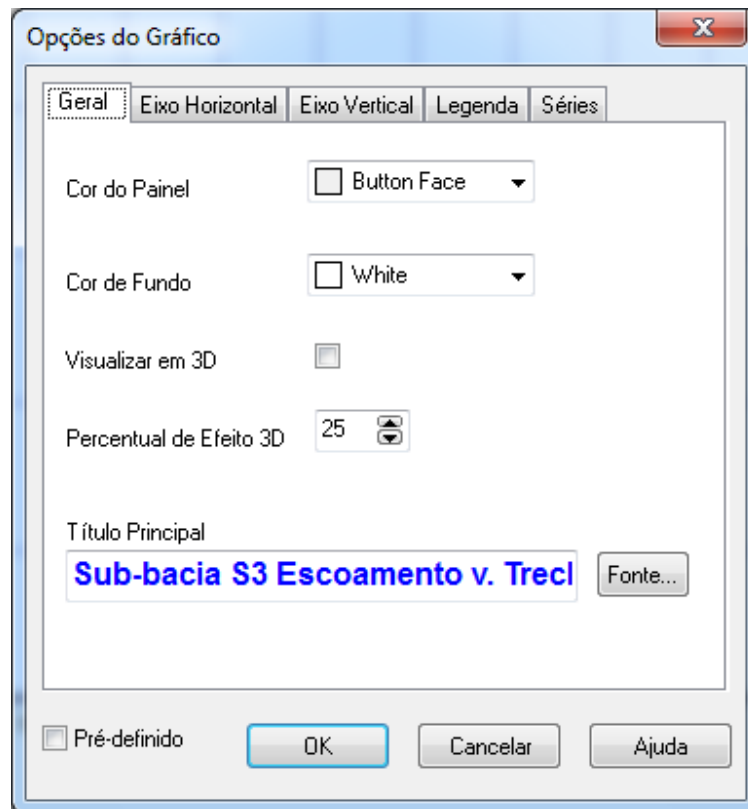


Figura 9.7 - Caixa de diálogo de Opções de Gráfico

### 9.5.2 Opções Gerais de Gráficos

As seguintes opções podem ser modificadas na Página Geral da caixa de diálogo Opções de Gráfico:

Opção	Descrição
Cor do painel	Cor do painel que contém o gráfico
Cor de fundo	Cor da área de plotagem do gráfico
Visualizar em 3D	Comprova se o gráfico pode ser traçado em 3D
Porcentagem de efeito 3D	Grau ao qual se desenha o efeito 3D
Título principal	Texto do título principal do gráfico
Fonte	Clicar para escolher a fonte utilizada para o título principal.

### 9.5.3 Opções de Eixos do Gráfico

As páginas dos Eixos Horizontal e Vertical, na caixa de diálogo da Opções de Gráficos, ajustam a forma de traçado dos eixos de coordenadas no gráfico:

Opção	Descrição
Mínimo	Fixa um valor mínimo do eixo (o valor mínimo dos dados é mostrado entre parênteses). Pode-se deixar em branco.
Máximo	Fixa um valor máximo do eixo (o valor máximo dos dados é mostrado entre parênteses). Pode-se deixar em branco.
Incremento	Fixa o incremento entre os rótulos dos eixos. Pode ser deixado em branco.
Auto escala	Caso acionado, as configurações de mínimo, máximo e incremento são ignoradas.
Linhas de Grade	Seleciona o tipo de linha de grade a desenhar.
Título do Eixo	Texto do título do eixo.
Fonte	Seleciona uma fonte para o título do eixo.

### 9.5.4 Opções de Legenda do Gráfico

A página de Opções de Gráfico, que se refere à Legenda, controla como a legenda é mostrada no gráfico.

Opção	Descrição
Posição	Seleciona onde situar a legenda.
Cor	Seleciona a cor de fundo para a legenda.
Largura do Símbolo	Seleciona a largura a utilizar (em pixels) para desenhar a porção do símbolo da legenda.
Quadros	Coloca um quadro ao redor da legenda.
Visível	Torna a legenda visível.

### 9.5.5 Opções de Séries do Gráfico

A página Séries, do quadro de diálogo Opções de Gráfico, controla como as séries de dados individuais (ou curvas) são mostradas no gráfico. Para usar esta página:

1. Selecionar uma série de dados para trabalhar, como as mostradas na caixa de combinação Séries.
2. Editar o título utilizado para identificar estas séries na legenda.
3. Clicar no botão **Fonte** para mudar a fonte utilizada para a legenda (outras propriedades para a legenda podem ser selecionadas na página Legenda do Quadro).
4. Selecionar uma característica da série de dados que queira modificar (nem todas as propriedades são disponíveis para alguns tipos de gráficos). As opções são:
  - a) Linhas
  - b) Marcadores
  - c) Padrões
  - d) Rótulos

### 9.5.6 Opções para o Perfil Longitudinal

A caixa de diálogo Opções para o Perfil do Gráfico é utilizada para personalizar a aparência de determinado perfil. A caixa de diálogo (ver Figura 9.8) contém três páginas:

- > Cores:
  - Seleciona a cor a ser usada para o painel da janela do diagrama, fundo do diagrama, interior do conduto e profundidade da água.
  - Inclui uma caixa de seleção “Mostrar Somente Condutos” que fornece uma visão exclusiva do nível d’água dentro do conduto, removendo os demais detalhes da figura.
- > Eixos:
  - Edita os títulos dos eixos e do gráfico, incluindo suas fontes.
  - Seleciona e mostra as linhas de grade dos eixos horizontal e vertical.
- > Rótulos dos Nós:



- Seleciona e mostra os rótulos de identificação ao longo do eixo superior do diagrama, diretamente sobre o terreno acima da altura da crista do nó, ou ambos.
- Seleciona o comprimento da seta a traçar entre o rótulo do nó e a crista do nó no diagrama (use o número zero para omitir setas).
- Seleciona o tamanho da fonte para os rótulos dos IDs dos nós.

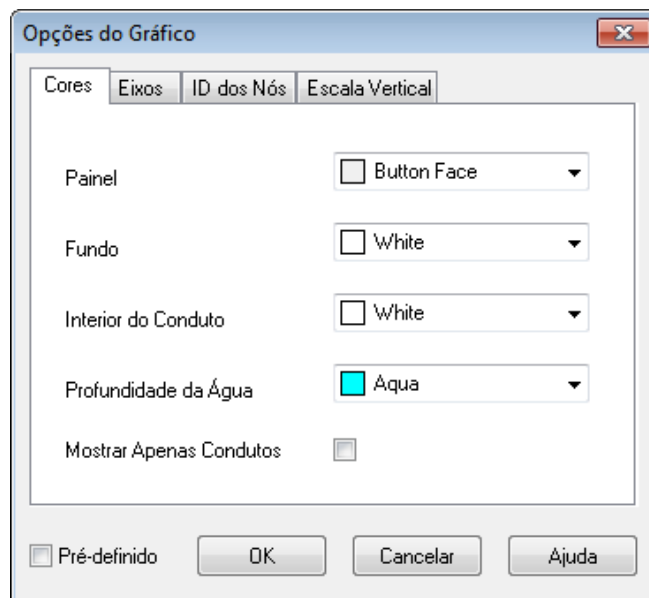


Figura 9.8 - Caixa de diálogo de Opções do Gráfico


Incorporar as alterações nas opções pré-definidas, caso queira aplicá-las aos novos perfis a serem criados.

## 9.6 Visualizando Resultados com uma Tabela

Os resultados de séries temporais para os objetos e variáveis selecionadas podem ser visualizados em formato de tabela. Existem dois tipos de formatos disponíveis:

- > Tabela por Objeto: Tabula as séries de tempo de variáveis distintas para um só objeto (por exemplo, fluxo e profundidade da água para um conduto – ver Figura 9.9).
- > Tabela por Variável: Tabula as séries de tempo de uma variável para vários objetos do mesmo tipo (por exemplo, escoamentos para um grupo de sub-bacia – ver Figura 9.10).

Para criar um relatório em forma de tabela:

1. Selecionar **Relatório >> Tabela** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas padrão.
2. Escolher o formato da tabela (**por objeto** ou **por variável**) no submenu correspondente.
3. Preencher os quadros de Tabela por objeto ou Tabela por variável para especificar a informação que a tabela deve conter.


Dias	Horas	Vazão (LPS)	Profundidade (m)
0	00:15:00	0.00	0.00
0	00:30:00	0.00	0.00
0	00:45:00	0.00	0.00
0	01:00:00	0.00	0.00
0	01:15:00	15.91	0.07
0	01:30:00	27.37	0.09
0	01:45:00	28.48	0.09
0	02:00:00	28.57	0.09
0	02:15:00	55.58	0.12
0	02:30:00	57.10	0.13

Figura 9.9 - Visualizando resultados de uma tabela por objeto

Dias	Horas	Sub-bacia S1	Sub-bacia S2	Sub-bacia S3
0	00:15:00	0.00	0.00	0.00
0	00:30:00	0.00	0.00	0.00
0	00:45:00	0.00	0.00	0.00
0	01:00:00	0.00	0.00	0.00
0	01:15:00	17.79	17.79	11.73
0	01:30:00	27.60	27.60	14.23
0	01:45:00	28.50	28.50	14.29
0	02:00:00	28.57	28.57	14.29
0	02:15:00	55.95	55.95	28.47
0	02:30:00	57.11	57.11	28.57

Figura 9.10 - Visualizando resultados de uma tabela por variável

O quadro de Tabela por Objeto (ver Figura 9.11) é utilizado quando se cria uma tabela em série de múltiplas variáveis para um só objeto. A caixa de diálogo é utilizada como segue:

1. Selecionar uma Data de Início e uma Data de Finalização para a tabela (o valor pré-definido é o período de simulação inteiro).
2. Escolher se pretende mostrar o tempo como tempo transcorrido ou como valores data/hora.
3. Escolher uma categoria do objeto (Sub-bacia, Nó, Trecho ou Sistema).
4. Identificar um objeto na categoria, clicando no objeto ou no Mapa da Área de Estudo ou no Navegador de Dados e, depois, clicar no botão  na caixa de diálogo. Somente um objeto individual pode ser selecionado para este tipo de tabela.
5. Escolher as variáveis a serem tabuladas para o objeto selecionado. As variáveis escolhidas dependem da categoria do objeto selecionado.

6. Clicar no botão OK para criar a tabela.

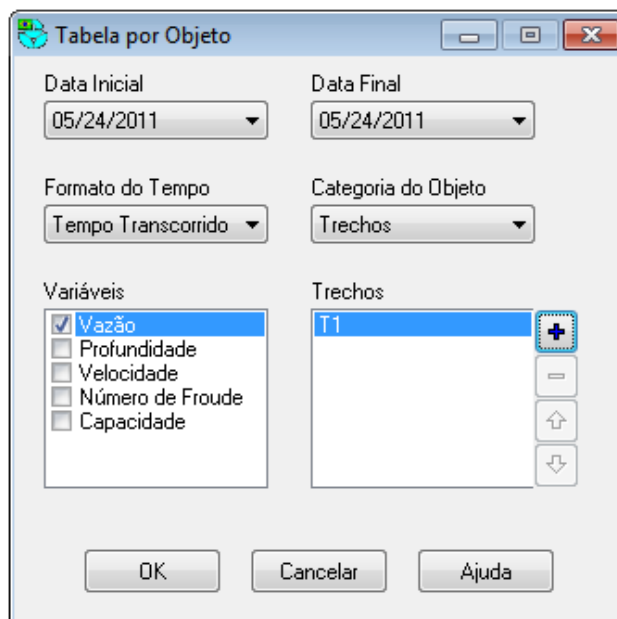


Figura 9.11 - Caixa de diálogo do quadro de tabela por objeto

A Tabela por Variável (ver Figura 9.12) é utilizada quando se cria uma tabela em série de uma única variável para um ou mais objetos. A caixa de diálogo é utilizada como segue:

1. Selecionar uma Data de Início e de Finalização para a tabela (o valor pré-definido é o período de simulação inteiro).
2. Escolher se pretende mostrar o tempo como tempo transcorrido ou como valores data/hora.
3. Escolher uma categoria do objeto (Sub-bacia, Nó ou Trecho).
4. Escolher a variável simulada a ser tabulada. A variável escolhida depende da categoria do objeto selecionado.
5. Identificar um ou mais objetos na categoria, clicando sucessivamente nos objetos ou no Mapa da Área de Estudo ou no Navegador de Dados e, depois, clicar no botão na caixa de diálogo.
6. Clicar no botão OK para criar a tabela.

Pode ser selecionado um máximo de seis objetos para uma única tabela. Os objetos selecionados podem ser excluídos e movidos para cima ou para baixo clicando nos botões , e , respectivamente.

## 9.7 Visualizar um Relatório de Estatísticas

Pode-se gerar um relatório estatístico dos resultados de uma série temporal de uma simulação. Para um certo objeto e uma dada variável, o relatório proporciona:

- > Separar o período de simulação em uma sequência de eventos não superpostos, seja por dia, por mês ou por fluxo (ou volume), sobre algum limite mínimo.

- > Computar um valor estatístico que caracteriza cada evento, como pode ser a média, o valor máximo (pico) ou o somatório total da variável sobre o período de tempo do evento.
- > Computar a síntese da estatística para o conjunto de valores do evento (média, desvio padrão e coeficiente de assimetria).
- > Realizar uma análise de frequência dos valores da série de eventos.

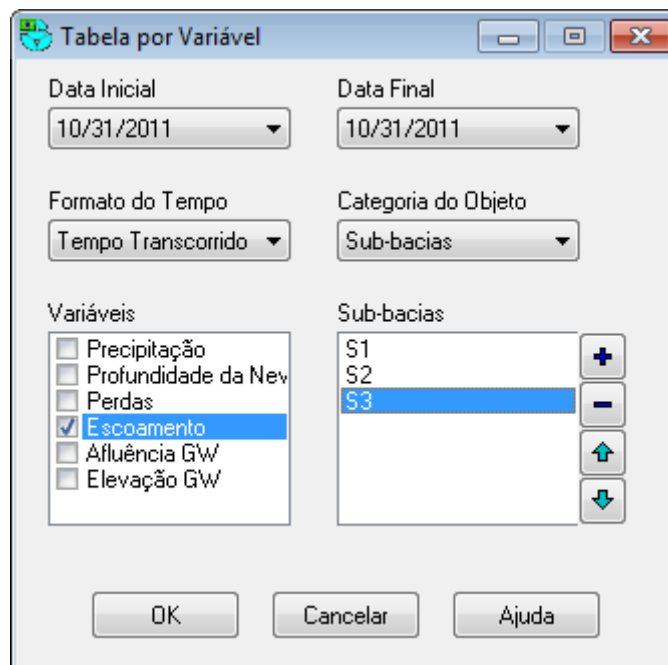


Figura 9.12 - Caixa de diálogo do quadro de Tabela por Variável

A análise de frequência da série de eventos determina a probabilidade de ocorrência e de ultrapassagem de um evento particular, assim como determina o período de retorno para cada evento da série (em meses ou anos).

Para gerar um Relatório Estatístico:

1. Selecionar **Relatório >> Estatísticas** no Menu Principal ou clicar no botão  $\Sigma$  da barra de ferramentas padrão.
2. Preencher o quadro de Seleção de Estatísticas que aparece, especificando o objeto, a variável e a definição do evento a ser analisado.

O quadro de Seleção Estatística (ver Figura 9.13) é utilizado para definir o tipo de análise estatística a ser realizada dos resultados computados da simulação. Contém os seguintes campos:

- > Categoria do Objeto. Selecionar a categoria do objeto a ser analisada (Sub-bacia, Nó, Trecho ou Sistema).
- > Nome do Objeto. Inserir o identificador (ID) do objeto a analisar. Em vez de introduzir um identificador ID, você pode selecionar o objeto no Mapa da Área de Estudo ou nos Dados do Navegador e clicar no botão para selecioná-lo dentro do campo do Nome do Objeto.
- > Variável Analisada. Inserir o nome da variável a ser analisada. As distintas opções dependem da categoria do objeto selecionado (por exemplo: precipitações, perdas, escoamentos para as sub-bacias; profundidade, afluições ou transbordamentos

para os nós; profundidade, fluxo, velocidade ou capacidade para os trechos; e qualidade da água para todas as categorias).

- > **Período do Evento.** Selecione a magnitude do período de tempo que define um evento. As opções são diariamente, mensalmente ou dependente do acontecimento. Neste último caso, o período do evento dependerá do número de eventos consecutivos registrados, onde os resultados da simulação superam um limite definido.
- > **Estatística.** Escolha um evento estatístico a ser analisado. As opções disponíveis dependem da variável a analisar, e incluem parâmetros como o valor médio, o valor máximo, quantidade total do evento, duração do evento e o intervalo de tempo entre eventos. Para as variáveis de qualidade da água, as opções disponíveis incluem concentração, concentração máxima, carga média, carga máxima e carga total do evento.
- > **Limites do Evento.** Definem valores mínimos que devem ser excedidos para que um determinado evento ocorra:
  - O limite de análise de uma variável define o valor mínimo da variável em análise que precisa ser excedido para que um período de tempo seja incluído num evento.
  - O limite de volume do evento determina um valor mínimo para o volume de escoamento (ou de precipitações) que deve ser excedido para que este seja considerado um evento.
  - O Tempo de Separação define o número mínimo de horas que deve ocorrer entre o final de um evento e o início do próximo. Eventos com menos horas são combinados juntos. Esse valor se aplica somente para eventos dependentes de períodos de tempo (não a períodos de eventos diários ou mensais).

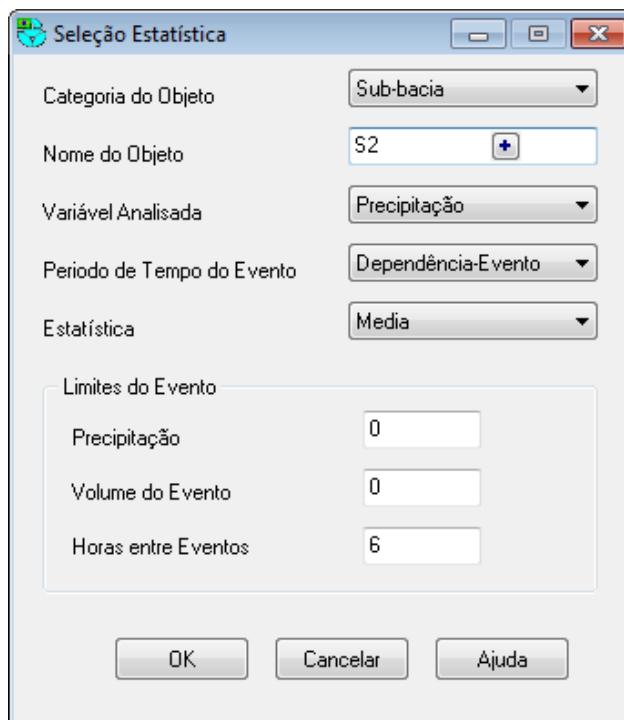


Figura 9.13 - Caixa de diálogo do quadro de Seleção Estatística

Se um tipo particular de limite não é aplicado, o seu campo deve ser deixado em branco.

Após ser feita as escolhas na caixa de diálogo de Seleção de Estatística, será produzido um relatório estatístico conforme mostrado na Figura 9.14.

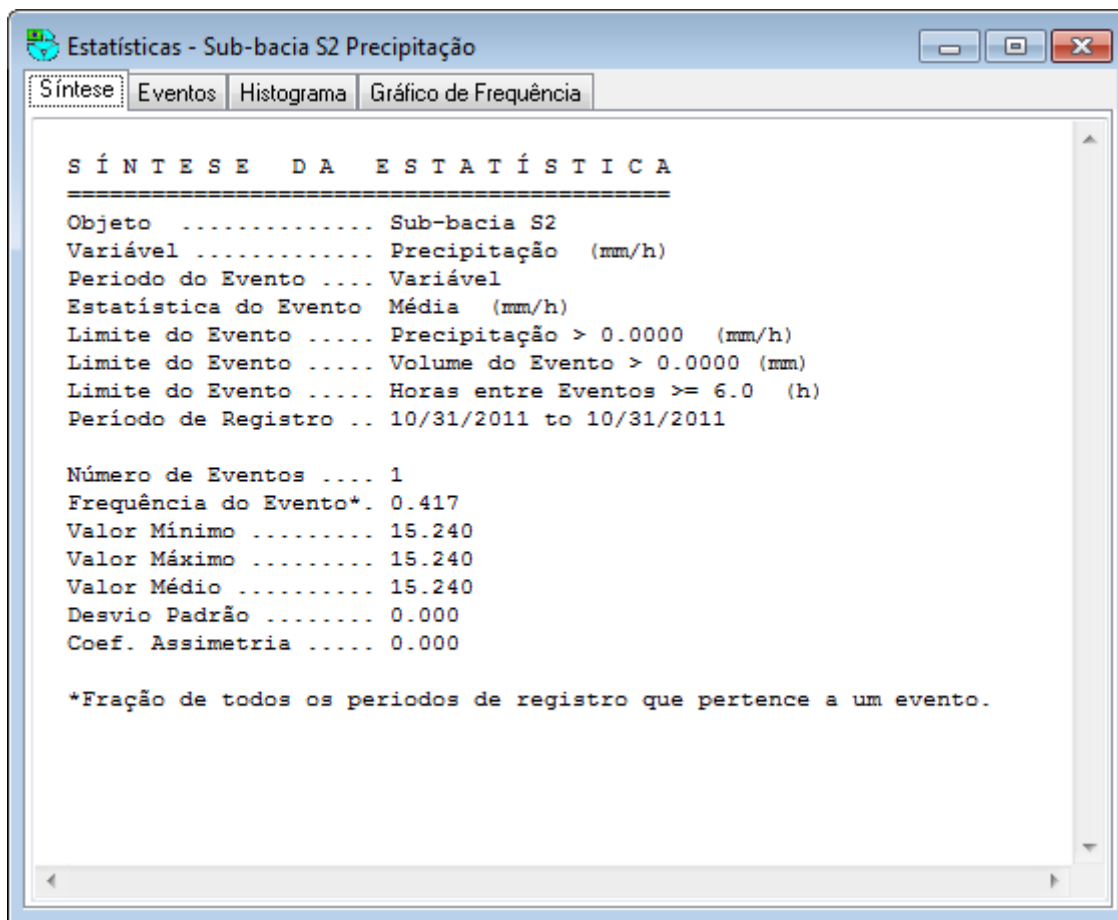


Figura 9.14 - Caixa de diálogo do Relatório Estatístico

O relatório consiste de quatro páginas que contém:

- > Tabela de síntese das estatísticas.
- > Tabela ordenada dos eventos, incluindo suas datas, durações e magnitudes.
- > Histograma do evento estatístico escolhido.
- > Gráfico de frequência excedida (probabilidade de ultrapassagem) dos valores dos eventos.



# 10 CAPÍTULO

## Impressão e Cópia

---

Este capítulo descreve como imprimir, copiar para a área de transferência do Windows ou copiar para um arquivo, as informações contidas na janela ativa na tela do SWMM. Isto inclui o Mapa da Área de Estudo, um gráfico, uma tabela ou um relatório.

### 10.1 Selecionando uma Impressora

Para selecionar uma impressora, entre as que se encontram instaladas no Windows, e fixar suas características:

1. Selecionar **Arquivo >> Configurar Página** no Menu Principal.
2. Clicar no botão Impressora na página de configuração que aparece (Figura 10.1).
3. Selecionar uma impressora entre as que se encontrem disponíveis no submenu correspondente.
4. Clicar no botão Propriedades para selecionar as propriedades da impressora (que variam em função da escolha da impressora).
5. Clicar no botão OK em cada quadro de diálogo para aceitar suas escolhas.

### 10.2 Configurando o Formato da Página

1. Selecionar **Arquivo >> Configurar Página** no Menu Principal.
2. Utilizar a aba Margens do quadro de diálogo “Configuração de Página” que aparece (ver Figura 10.1), para:
  - a) Selecionar uma impressora.
  - b) Selecionar a orientação do papel (retrato ou paisagem).
  - c) Determinar as margens esquerda, direita, superior e inferior.
3. Utilizar a aba Cabeçalhos e Rodapés para: (ver Figura 10.2):
  - a) Inserir o texto do cabeçalho que aparecerá em cada página.
  - b) Indicar se o cabeçalho deve ser impresso ou não e como este será alinhado.
  - c) Inserir o texto do rodapé de página que aparecerá em cada página.



- d) Indicar se o rodapé de página deve ser impresso ou não e como este será alinhado.
  - e) Indicar se as páginas devem ser numeradas.
4. Clicar OK para aceitar as escolhas.

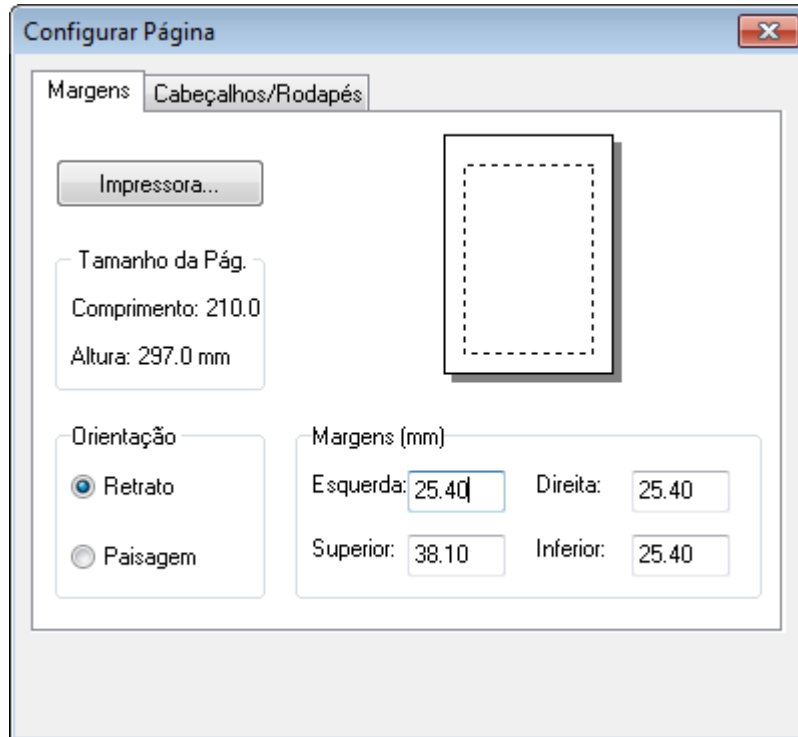


Figura 10.1 - Aba de margens no formulário de configurar página

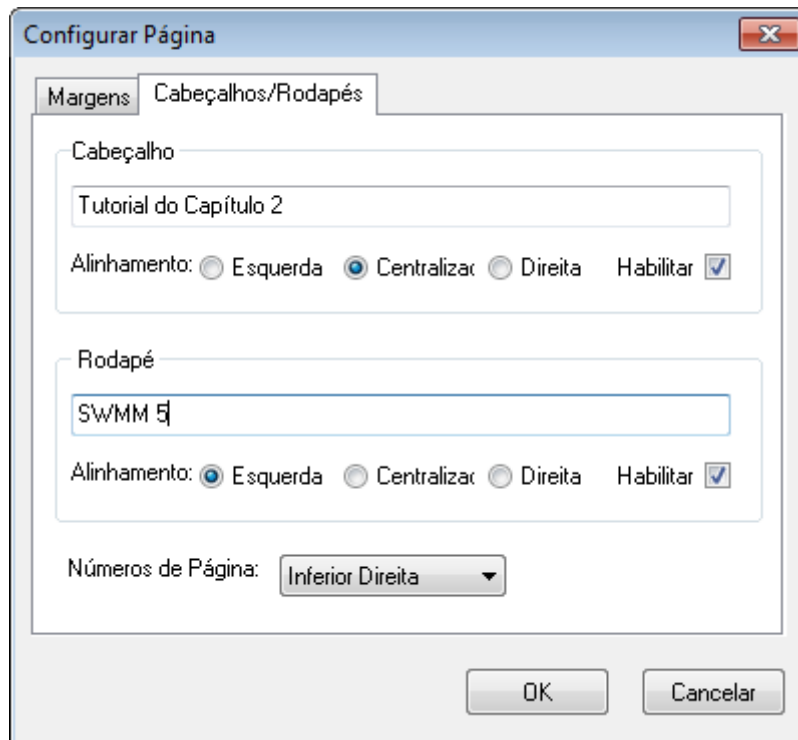



Figura 10.2 - Aba de cabeçalhos e rodapé no formulário de configurar impressora

### 10.3 Visualizar Impressão

Para obter uma Vista Preliminar das páginas a serem impressas, selecionar **Arquivo >> Visualizar Impressão** no Menu Principal. A vista preliminar aparecerá na tela, mostrando como as diversas páginas serão impressas. Enquanto permanecer no modo visualizar impressão, ao clicar no botão esquerdo do mouse, a imagem será recentralizada e ampliada, e, ao clicar no botão direito do mouse, a imagem será recentralizada e diminuída.


### 10.4 Imprimindo a Vista Ativada

Para imprimir o conteúdo da área de trabalho ativada, aquela que está sendo visualizada no SWMM, selecionar **Arquivo >> Imprimir** no Menu Principal ou clicar no botão  da barra de ferramentas padrão. É possível imprimir:

- > Mapa da Área de Estudo (no zoom atual).
- > Relatório do Estado.
- > Gráficos (Séries Temporais, Perfis e Gráficos de Dispersão).
- > Tabelas de Resultado.
- > Relatórios Estatísticos.

### 10.5 Copiando para a Área de Transferência ou para um Arquivo

O SWMM pode copiar o texto e os gráficos, que estão sendo visualizados na janela, para a área de transferência do Windows ou para um arquivo. Pode-se copiar o mapa da área de estudo, os gráficos, as tabelas e os relatórios. Para copiar a vista atual para a área de transferência ou para um arquivo:

1. Se a vista ativa é uma tabela, selecionar as células da tabela a copiar pondo o ponteiro do *mouse* sobre elas ou copiar a tabela inteira selecionando **Editar >> Selecionar Tudo** no Menu Principal.
2. Selecionar **Editar >> Copiar Para** no Menu Principal ou clicar no botão  na barra de ferramentas padrão.
3. Selecionar as diversas opções no quadro de diálogo de Copiar Mapa da Área de Estudo que aparece (ver Figura 10.3) e clicar no botão OK.
4. Caso selecione Copiar para um arquivo, introduzir o nome do arquivo no quadro de diálogo “**Salvar Como**” e clicar OK.

A caixa de diálogo Copiar aparece quando se seleciona o comando **Editar >> Copiar Para**. Para utilizar o quadro de diálogo:

1. Selecionar um destino para o material que está sendo copiado (Área de Trabalho ou Arquivo).
2. Selecionar o formato a copiar. As diversas opções são:
  - a) Bitmap (somente gráficos).
  - b) Metafile (somente gráficos).

- c) Dados (texto, células selecionadas em uma tabela, ou dados utilizados para construir um gráfico).
3. Clique **OK** para aceitar as seleções realizadas ou **Cancelar** para cancelar a cópia solicitada.

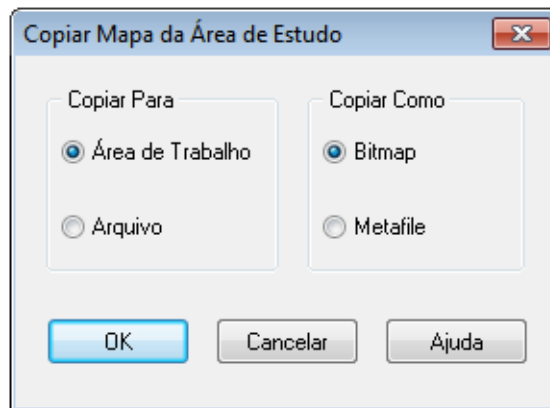


Figura 10.3 - Formulário de copiar

# 11 CAPÍTULO

## Arquivos Utilizados pelo SWMM \_\_\_\_\_

Este capítulo descreve os diversos arquivos que o programa SWMM pode utilizar: o arquivo de projeto; os arquivos de saída e de relatório; os de precipitação; os de clima; os de dados de calibração; os de séries temporais; e os arquivos de interface. O único arquivo indispensável para efetuar uma simulação com o SWMM é o arquivo de projeto, os demais são opcionais.

### 11.1 Arquivo de Projeto

O arquivo de projeto do SWMM é um arquivo texto que contém todos os dados para descrever a área de estudo, bem como as opções escolhidas para a análise do problema. O arquivo é organizado em seções. Cada seção corresponde, geralmente, a uma categoria particular de **Objetos** do SWMM. As informações contidas no arquivo podem ser visualizadas quando o programa SWMM está ativado, ao selecionar **Projeto >> Detalhes** a partir do Menu principal. Um projeto existente pode ser aberto, selecionando **Arquivo >> Abrir** no Menu principal e salvo, selecionando **Arquivo >> Salvar** (ou **Arquivo >> Salvar Como**).

Normalmente, um usuário do SWMM não deve editar diretamente o arquivo de projeto, pois as interfaces gráficas do SWMM permitem adicionar, apagar ou modificar dados do projeto, bem como as suas configurações. No entanto, no caso de se tratar de grandes projetos, para os quais existem dados em outros formatos eletrônicos, tais como arquivos de CAD ou de SIG, pode ser mais prático extrair as informações desses arquivos fontes para o formato do arquivo de projeto do SWMM, antes de iniciar o programa. O formato do arquivo de projeto é descrito detalhadamente no anexo D deste manual.

Depois que um arquivo de projeto é salvo no disco rígido, um arquivo de configurações é automaticamente salvo junto a ele. Este arquivo possui o mesmo nome do arquivo de projeto, mas a sua extensão é .ini (por exemplo, se o nome do arquivo de projeto for projeto1, ele será salvo com a extensão .inp: “projeto1.inp” e o arquivo de configurações será salvo com o nome “projeto1.ini”). Ele contém várias informações de configurações utilizadas pela interface gráfica de utilização do SWMM, tais como as opções de visualização do mapa; informações de cores das legendas e dos vários intervalos de tempo da visualização; valores pré-definidos para os objetos e informações a respeito dos arquivos de calibração. Os usuários não devem editar este arquivo. Um projeto SWMM pode ser carregado e executado mesmo que esteja faltando o arquivo de configurações.

## 11.2 Arquivos de Saída e de Relatório

O arquivo de relatório é um arquivo texto criado pelo SWMM, logo após ter sido efetuada uma simulação, que contém um relatório do estado sobre os resultados da simulação. O arquivo pode ser visualizado selecionando **Relatório >> Estado** a partir do menu principal. Se a simulação não for executada corretamente, ele conterá uma lista de mensagens de erros. Caso a simulação tenha sido executada corretamente, ele conterá:

- > Os erros sobre a conservação de massa, tanto para a quantidade como para a qualidade da água, bem como para os cálculos dos fluxos de água e de poluentes.
- > Sínteses dos resultados sob forma de tabelas para todos os nós e trechos do sistema de drenagem.
- > Informações sobre os passos de tempos e o número de iterações requerido quando se usa o método da onda dinâmica para a propagação dos fluxos.

O arquivo de saída é um arquivo binário que contém os resultados numéricos de uma simulação efetuada corretamente. Este arquivo é utilizado internamente pela interface gráfica do SWMM para criar gráficos e tabelas de séries temporais, gráficos em perfis e análises estatísticas dos resultados da simulação.

Após ter sido efetuada uma simulação correta e o projeto correspondente tenha sido fechado, os arquivos de relatório e de saída são salvos, respectivamente, com as extensões “.rpt” e “.out”. Isto ocorrerá de forma automática se a Preferência “Salvar Arquivos de Resultados” for desativada (ver seção 4.9). Caso contrário, o programa pergunta ao usuário se ele quer, ou não, salvar os arquivos. Se os arquivos são salvos, eles serão automaticamente disponibilizados para visualização após a abertura, novamente, do projeto.

## 11.3 Arquivos de Precipitação

Os objetos pluviômetros do SWMM podem utilizar arquivos externos de dados. O programa reconhece os seguintes formatos de armazenamento de dados pluviométricos:

- > **DSI-3240** e outros formatos a este relacionados, que gravam as precipitações horárias no Serviço Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos - NWS (*U.S. National Weather Service*), bem como nas estações meteorológicas das Agências Federais de Aviação dos Estados Unidos (*Federal Aviation Agencies*). Esses dados estão disponíveis “on line” no site [www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html).
- > **DSI-3260** e outros formatos a este relacionados, que gravam as precipitações a cada 15 minutos nas estações do NWS e que estão, também, disponíveis “on line” no site [www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html).
- > **HLY03 e HLY21** que registram as precipitações horárias nas estações do serviço meteorológico do Canadá, disponíveis “on line” no site [www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca).
- > **FIF21** para as chuvas, a cada 15 minutos, das estações do serviço meteorológico do Canadá, disponíveis “on line” no mesmo site.
- > Um formato geral preparado pelo usuário, onde cada linha do arquivo contém, na ordem: o identificador da estação, ID, o ano, o mês, o dia, a hora, o minuto e o valor da precipitação não nula. Cada valor é separado por um ou mais espaços em

branco. Uma amostra de um arquivo preparado pelo usuário tem o seguinte formato:

STA01 2004 6 12 00 00 0.12

STA01 2004 6 12 01 00 0.04

STA01 2004 6 22 16 00 0.07

Quando se decide que os dados de um determinado pluviômetro lhe são associados, por um arquivo externo, o usuário deve fornecer o nome do arquivo e o nome da estação, tal como aparece no arquivo de dados. No caso do formato preparado pelo usuário, o tipo de precipitação (intensidade ou volume), intervalo de armazenamento e unidades devem também ser indicados nas propriedades do pluviômetro. Para os outros formatos, essas propriedades são automaticamente reconhecidas pelo SWMM.

## 11.4 Arquivos de Clima

O SWMM pode utilizar arquivos externos de clima, que contêm dados de temperatura, evaporação e velocidade do vento. O programa reconhece os seguintes formatos:

- > Um arquivo DSI-3200 ou DSI-3210, disponível “on line” no site [www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html).
- > Arquivos de clima canadense, disponíveis na agência do meio ambiente daquele país, no site [www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca).
- > Um formato geral preparado pelo usuário, onde cada linha do arquivo contém, na ordem: o identificador da estação ID, o ano, o mês, o dia, a temperatura máxima, a temperatura mínima e, opcionalmente, a taxa de evaporação e a velocidade do vento. Se não tiver dados disponíveis para qualquer uma dessas informações, num dia e hora determinado, o dado é substituído por um “\*”.

Quando um arquivo de clima possui dias sem alguns dados, o SWMM substituirá esses dados pelos dados correspondentes do dia precedente mais próximo, com esses dados.

- 💡 Para um arquivo com formato preparado pelo usuário, os dados devem ser na mesma unidade que as do projeto. No caso das unidades do projeto serem as unidades americanas, as temperaturas serão em °F, a evaporação em polegadas por dia e a velocidade do vento em milhas por hora. Para as unidades métricas, as temperaturas serão em °C, a evaporação em milímetros por dia e a velocidade do vento em km/h.

## 11.5 Arquivos de Calibração

Os arquivos de calibração contêm dados de medições de variáveis em um ponto ou mais, que podem ser comparados com os dados de simulação por meio dos gráficos de séries temporais. Arquivos separados são utilizados para as variáveis seguintes:

- > Escoamento superficial numa sub-bacia.
- > Escoamento subterrâneo numa sub-bacia.
- > Nível do aquífero em uma sub-bacia.
- > Altura de neve acumulada em uma sub-bacia.
- > Volume lixiviado de um agente poluente em uma sub-bacia.

- > Profundidade da água em um nó.
- > Fluxo lateral afluente a um nó.
- > Alagamento em um nó.
- > Qualidade da água em um nó.
- > Vazão de um trecho.

Os arquivos de calibração são associados a um projeto com o comando **Projeto >> Dados de Calibração** do Menu principal.

O formato do arquivo é:

1. O nome do primeiro objeto com dados de calibração deve figurar na primeira linha.
2. As linhas seguintes contêm as seguintes variáveis registradas para o projeto:
  - a) A data da medição (mês/dia/ano, por exemplo, 6/21/2004) ou o número de dias desde o início da simulação.
  - b) A hora da medição naquele dia (hora:minuto).
  - c) Valor medido. No caso de agentes poluentes, um valor é necessário para cada agente poluente.
3. Segue-se a mesma sequência para os outros objetos

Um extrato de um arquivo de calibração é mostrado em seguida. Ele contém valores de vazão para dois condutos: 1030 e 1602. Observem que um ponto e vírgula pode ser utilizado no início de um comentário. Neste exemplo, a data é indicada pelo número de dias desde o início da simulação no lugar do formato clássico de data.

```

;Vazão de condutos selecionados
;Conduto Dias Hora Vazão
1030
      0 0:15 0
      0 0:30 0
      0 0:45 23.88
      0 1:00 94.58
      0 1:15 115.37
1602
      0 0:15 5.76
      0 0:30 38.51
      0 0:45 67.93
      0 1:00 68.01

```

## 11.6 Arquivos de Séries Temporais

Os arquivos de séries temporais são arquivos de texto, externos ao SWMM, que contêm dados para as séries temporais de objetos do SWMM. São exemplos de dados para séries temporais: precipitações; evaporação; aflúências a um nó do sistema de drenagem e o estado da água nos exutórios da rede de drenagem. O arquivo deve ser criado e editado externamente ao SWMM, utilizando um processador de texto ou uma planilha eletrônica. Um arquivo de série temporal pode ser associado ao Objeto Série Temporal do SWMM utilizando o seu editor de séries temporais.

O formato de um arquivo de séries temporais consiste em um valor da série temporal por linha. Comentários podem ser incluídos no arquivo, sempre iniciando por um ponto e vírgula. Os valores das séries temporais são digitados, quer seja no formato data/hora/valor, quer seja no formato hora/valor; cada variável sendo separada por um ou mais espaços ou por uma tabulação. No caso do formato data/hora/valor, a data é inserida sob a forma mês/dia/ano (por exemplo, 7/21/2004) e a hora na base das 24 horas (por exemplo 3:22 horas da tarde são 15:22). Após a primeira data, não há necessidade de inserir novamente a data, somente a hora e o valor, até que se inicie um novo dia. No caso do formato hora/valor, a hora pode ser inserida sob a forma decimal ou sob a forma de hora na base 24, contando-a a partir do início da simulação (por exemplo 2 dias, 4 horas e 20 minutos - subentendido após o início da simulação - pode ser escrito 52.333 ou 52:20, no formato decimal ou de hora, respectivamente). Um exemplo de arquivo de série temporal é mostrado a seguir:

```
;Dados de precipitação para o
pluviômetro 1
07/01/2003    00:00    0.00000
               00:15    0.03200
               00:30    0.04800
               00:45    0.02400
               1:00    0.0100
07/06/2003    14:30    0.05100
               14:45    0.04800
               15:00    0.03000
               18:15    0.01000
```

- ⚠ Nas versões anteriores do SWMM 5, um arquivo de séries temporais devia contar com duas linhas iniciais com texto descritivo. Essas linhas, no início do arquivo, não tinham que iniciar por um ponto e vírgula. Esses arquivos podem ainda ser utilizados na versão atual, desde que se introduza um ponto e vírgula no início de cada linha.
- ⚠ Quando se prepara um arquivo de série temporal de precipitação, é necessário inserir somente as linhas com valores não nulos da precipitação. O SWMM interpreta a precipitação como constante sobre o período mencionado. No caso das outras séries temporais, o SWMM efetua interpolações para estimar os valores em horas situadas entre as horas registradas no arquivo.

## 11.7 Arquivos de Interface

O SWMM pode utilizar diversos tipos de arquivos de interface que contêm, assim como entradas impostas externamente como precipitação ou hidrogramas de RDII, ou os resultados de simulações preliminares, tais como de escoamento superficial ou de cálculos de fluxos. Estes arquivos podem ajudar a aumentar a velocidade de simulação do modelo ou simplificar a tarefa de comparar diversos cenários de cargas de agentes poluentes e permitir dividir uma área de estudo relativamente grande em áreas de tamanho menor, que poderão ser analisadas individualmente. Os diversos tipos de arquivos de interface usualmente disponíveis são:

- > Arquivos de interface de precipitação.
- > Arquivos de interface de escoamento superficial.
- > Arquivos de dados de inicialização rápida.
- > Arquivos de interface RDII.
- > Arquivos de interface de cálculo.



Deve-se consultar a seção 8.1, **Configurando Opções de Simulação**, para obter instruções sobre como especificar um arquivo de interface para que seja utilizado como arquivo de entrada e/ou de saída para uma simulação.

### **Arquivos de Interface de Precipitação ou de Escoamento Superficial**

Os arquivos de interface de precipitação, ou de escoamento superficial, são arquivos binários criados internamente pelo SWMM que podem ser salvos e reutilizados de uma simulação para a seguinte.

O arquivo de interface de precipitação agrupa um conjunto de arquivos de pluviômetro em um único arquivo de dados de precipitação. Normalmente, um arquivo temporário deste tipo é criado pelo SWMM, a cada simulação, utilizando arquivos externos de dados de precipitação, e é, em seguida, apagado assim que terminam as análises da simulação. No entanto, se um número importante de simulações deve ser efetuado com os mesmos dados de precipitação, deve-se solicitar que o SWMM salve este arquivo na primeira simulação, para depois utilizá-lo nas simulações subsequentes, o que permite ganhar tempo de computação.

- > Um arquivo de interface de precipitação não deve ser confundido com um arquivo de dados de precipitação. Este último é um arquivo de texto externo ao SWMM que fornece dados de séries temporais de precipitação, enquanto o primeiro é um arquivo binário criado internamente pelo SWMM, que processa todos os arquivos de dados de precipitação utilizados no projeto.

O arquivo de interface do escoamento superficial pode ser utilizado para salvar os resultados de escoamentos superficiais gerados por uma simulação. Se o escoamento superficial não deve ser modificado em uma nova simulação, o usuário pode solicitar ao SWMM que utilize esses resultados para uma nova simulação, sem que haja mais necessidade de se efetuar, de novo, os cálculos dos escoamentos superficiais.

### **Arquivos de Dados de Inicialização**

Arquivos de dados de inicialização são arquivos binários criados pelo SWMM que salvam as condições do estado da água subterrânea e dos sistemas coletores de uma área de estudo, ao final de uma simulação. As informações seguintes são gravadas no arquivo:

- > A umidade relativa da zona não saturada e a cota do nível freático para cada sub-bacia, na qual foi definida a existência de água subterrânea.
- > A altura de água e a concentração de agentes poluentes em cada nó do sistema de drenagem.
- > A vazão e a concentração de cada agente poluente nos trechos do sistema de drenagem.

O arquivo de dados de inicialização, salvo no fim de uma simulação, pode ser utilizado para definir as condições iniciais de nova simulação subsequente.

Arquivos de dados de inicialização podem ser utilizados para evitar instabilidades numéricas que às vezes ocorrem com o emprego do método de propagação dos fluxos pela onda dinâmica. Com esta finalidade, eles são tipicamente gerados por simulações durante um período inicial de simulação em branco, onde são impostos os escoamentos de base, no caso de rede natural de drenagem, ou um conjunto de fluxos de águas residuárias em períodos sem chuva, no caso de redes de esgotos. O arquivo de dados de inicialização resultante desta simulação em branco pode ser utilizado em uma simulação subsequente para impor os dados de entrada realmente interessantes.

É possível, também, salvar e utilizar um arquivo de dados de inicialização em uma mesma simulação, iniciando a simulação com um arquivo de dados e gravando os resultados da simulação em outro arquivo. O arquivo de resultados poderá ser utilizado como arquivo de dados de inicialização para uma simulação subsequente. Desta forma, é possível dividir uma simulação de longa duração em diversas simulações de duração menor, mais fáceis de manipular.

Com exceção da utilização das opções de análises de projeto para criar um arquivo de dados de inicialização, pode se utilizar também o comando do Menu principal **Arquivo >> Exportar >> Dados de Inicialização** para salvar os resultados da simulação atual, a qualquer momento, em um arquivo de dados de inicialização. No entanto, neste caso, somente os resultados concernentes aos nós e trechos serão salvos e não aqueles relativos à água subterrânea.

### Arquivos de interface RDII

O arquivo de interface RDII é um arquivo de texto que contém uma série temporal de taxas de infiltração/afluências, dependentes diretamente da precipitação (RDII), para um conjunto de nós da rede de drenagem do projeto. Este arquivo pode ser gerado por meio de uma simulação preliminar com o SWMM, quando hidrogramas unitários e dados de afluência nos nós forem definidos para o projeto; ou criado externamente utilizando outras fontes de dados de infiltração/afluências dependentes diretamente da precipitação (RDII), por meio de medições ou resultados de outros programas de cálculo. O formato do arquivo é o mesmo daquele da interface de cálculo que será descrito em seguida, onde a vazão é a única variável contida no arquivo.

### Arquivo de Interface de Cálculo

O arquivo de interface de cálculo armazena séries temporais de vazões e de concentrações de agentes poluentes, nos nós exutórios da rede de drenagem. Este arquivo pode servir como fonte de afluências a outro modelo de rede de drenagem conectada aos exutórios do primeiro sistema. Uma ferramenta de Combinação é disponível no submenu **Arquivo** (Combinar) do Menu principal que une pares de arquivos de interface de cálculos em um único arquivo. Isto permite que sistemas muito grandes sejam subdivididos em sistemas menores, que podem ser simulados e analisados separadamente e, posteriormente, acoplados por meio do arquivo de interface de dados. A Figura 11.1 ilustra este conceito:

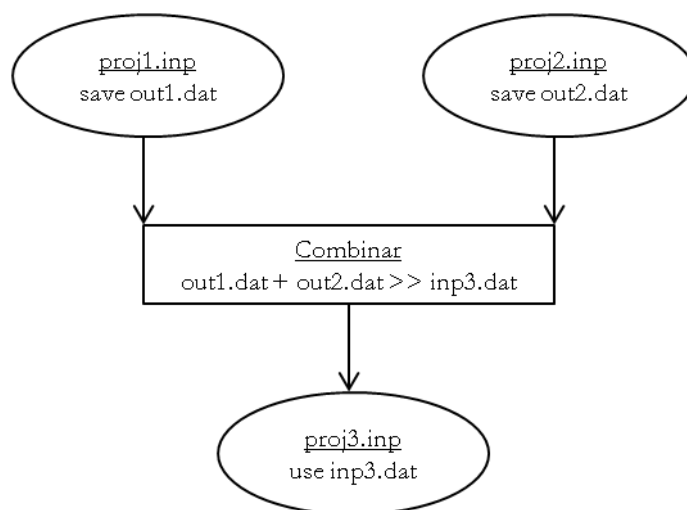


Figura 11.1 - Exemplo de como utilizar a ferramenta de combinação para juntar dois arquivos de cálculo em um único arquivo

Uma única simulação do modelo SWMM pode utilizar um arquivo de interface de cálculo dos fluxos nos exutórios para salvar os resultados da simulação, ou um arquivo de interface de cálculos com afluições para fornecer os hidrógrafos e polutógrafos entrando em alguns nós selecionados do sistema de drenagem, ou os dois ao mesmo tempo.

### Formato dos Arquivos de Interface RDII e de Cálculo

Os arquivos de interface RDII e de cálculos possuem o mesmo formato de texto:

1. A primeira linha contém a palavra-chave “SWMM5”, sem aspas.
2. Uma linha de texto que descreve o arquivo pode ser deixada em branco.
3. O passo de tempo utilizado para registrar as afluições (em segundos – número inteiro).
4. O número de variáveis armazenadas no arquivo, onde a primeira variável será sempre a vazão.
5. O nome e as unidades de cada variável (uma por linha), onde a vazão é sempre a primeira variável e seu nome é sempre FLOW.
6. O número de nós com dados de afluição.
7. O nome de cada nó (um por linha).
8. Uma linha de texto com o cabeçalho da tabela de dados que seguem (ela pode ser deixada em branco).
9. Para cada nó, a cada passo de tempo, uma linha com:
  - a) O nome do nó.
  - b) A data (ano, mês e dia, separados por espaços).
  - c) A hora do dia (hora, minuto, segundo, separados por espaços).
  - d) A vazão seguida pela concentração de cada agente poluente.

Os períodos que não possuem valores em qualquer um dos nós selecionados podem ser ignorados. Um extrato de um arquivo de interface RDII é mostrado a seguir:

```

SWMM5
Arquivo exemplo
300
1
FLOW CFS
2
N1
N2
Nó Ano Mês Dia hora min seg vazão
N1 2002 04 01 00 20 00 0.000000
N2 2002 04 01 00 20 00 0.002549
N1 2002 04 01 00 25 00 0.000000
N2 2002 04 01 00 25 00 0.002549

```

# 12 CAPÍTULO

## Ferramentas Adicionais

---

O EPA SWMM é capaz de ativar aplicações externas a partir de sua interface gráfica, podendo, assim, ampliar as suas capacidades de simulação. Este capítulo descreve como tais ferramentas podem ser gravadas e compartilhadas com o SWMM 5.

### 12.1 O que são as Ferramentas Adicionais

As ferramentas adicionais são aplicações diversas que os usuários podem adicionar ao Submenu de ferramentas da barra de Menu Principal e serem ativadas enquanto o SWMM ainda estiver efetuando simulações. O SWMM pode interagir com estas aplicações, até um certo limite, trocando dados via arquivos pré-definidos (ver capítulo 11) ou por meio da área de transferência do Windows. As ferramentas adicionais podem então prover algumas capacidades, além daquelas já oferecidas pelo SWMM. São exemplos úteis:

- > Uma ferramenta que realize análises estatísticas de séries longas de chuva antes que sejam alocadas a um pluviômetro.
- > Um programa externo de edição para facilitar o manuseio de um conjunto de dados do SWMM.
- > Um programa de estimação do hidrograma unitário que poderia derivar o conjunto de parâmetros R-T-K para um grupo de hidrogramas unitários do RDII, que poderiam ser copiados e colados diretamente no editor de hidrogramas unitários.
- > Um programa de pós-processamento que, utilizando os cálculos hidráulicos do SWMM, poderia calcular a remoção de sólidos em suspensão em uma unidade de armazenamento.
- > Um modelo de propagação de fluxo, além daqueles já existentes no SWMM.

A Figura 12.1 mostra como se apresenta o menu ferramentas após ter incorporadas diversas ferramentas adicionais. A opção **Configuração de Ferramentas** é utilizada para adicionar, excluir ou editar uma ferramenta adicional. As opções listadas a seguir são as ferramentas adicionadas pelo usuário e que podem ser executadas selecionando-as a partir do submenu correspondente.

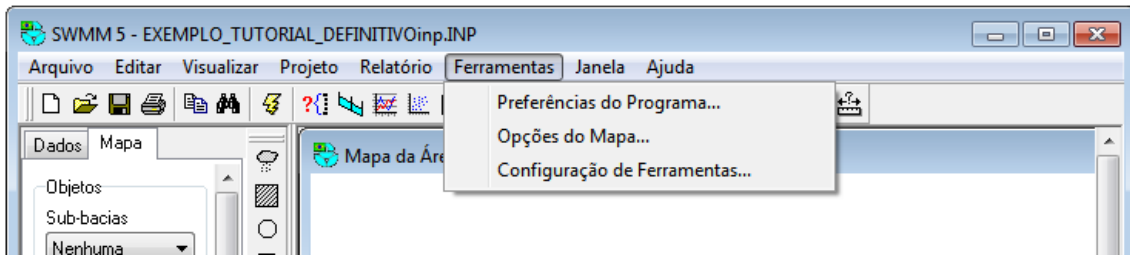


Figura 12.1 - Menu Ferramentas do SWMM

## 12.2 Configurando Ferramentas Adicionais

Para configurar a sua coleção pessoal de ferramentas adicionais, selecionar a opção **Configurar Ferramentas** da aba ferramentas do menu principal. Isto ativará a caixa de diálogo Opções de Ferramenta como mostrado na Figura 12.2. A caixa de diálogo apresenta a lista das ferramentas já disponibilizadas e possui botões de comando para adicionar uma nova ferramenta ou excluir e editar uma ferramenta disponibilizada. Os botões seta para cima ou seta para baixo são utilizados para permutar a ordem das ferramentas na lista apresentada.

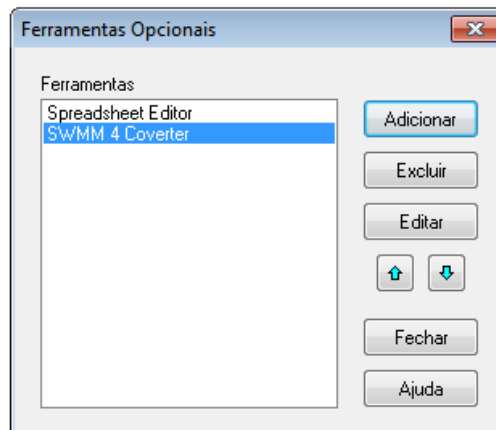


Figura 12.2 - Caixa de diálogo Opções de Ferramenta


Ao se clicar sobre o botão adicionar ou editar, uma nova caixa de diálogo **Propriedades da Ferramenta** será ativada como mostrado na Figura 12.3. Esta caixa de diálogo é utilizada para descrever as propriedades da nova ferramenta a ser adicionada ou editar as propriedades de uma ferramenta já disponibilizada.

Os campos de dados a serem inseridos na caixa de diálogo **Propriedades da Ferramenta** são:



### Nome da Ferramenta

Indica o nome dado à ferramenta tal como aparecerá no menu Ferramentas.

### Programa

Indica o caminho completo da ferramenta que será ativada ao clicar no seu nome, no menu Ferramentas. Pode também se clicar no botão  para selecionar o programa executável da ferramenta adicional, a partir da caixa de seleção de arquivos do Windows.

## Pasta de Trabalho

Este campo contém o nome do diretório que será utilizado como diretório de trabalho, enquanto a ferramenta estiver sendo utilizada. Pode também se clicar no botão  para procurar e selecionar a pasta correta, a partir da caixa de seleção de diretórios do Windows. Pode-se também digitar a Macro \$PROJDIR para utilizar diretamente o diretório do projeto atual ou a Macro \$SWMMDIR para utilizar o diretório onde se encontra o programa executável do SWMM 5. Essas Macros podem também ser inseridas no campo da pasta de trabalho, selecionando o seu nome na lista de Macros disponíveis na caixa de diálogo e pressionando o botão . Pode-se, também, deixar este campo em branco; neste caso o diretório atual do sistema será utilizado.

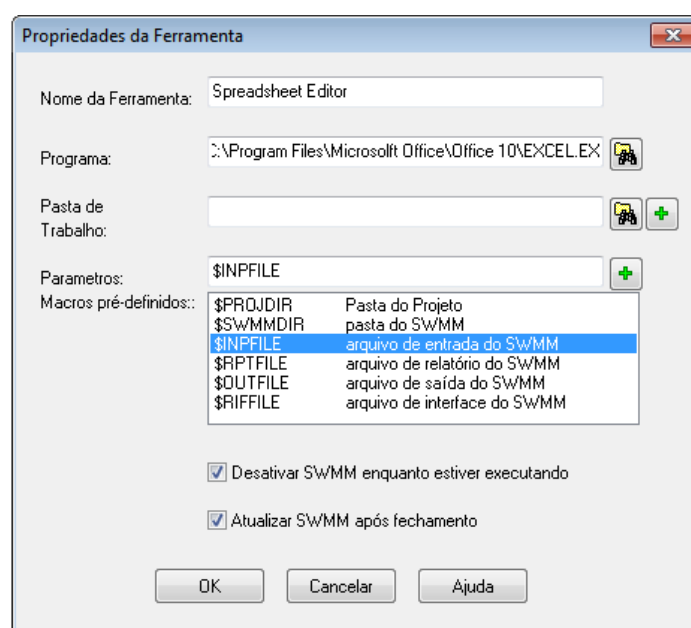



Figura 12.3 - A caixa de diálogo Propriedades da Ferramenta

## Parâmetros

Este campo contém a lista dos argumentos da linha de comando que o programa executável precisa ao ser acionado. Vários parâmetros podem ser fornecidos ao mesmo tempo, desde que separados por espaços. Certas Macros pré-definidas são disponibilizadas e representadas por símbolos na lista de Macros da caixa de diálogo, de forma a simplificar o processo de listagem dos parâmetros de execução. Quando se insere uma dessas Macros na linha de comando, esta será ativada, ou seja, o seu símbolo será convertido nos argumentos correspondentes na linha de comando, assim que se acionar a ferramenta adicional. Um símbolo específico de Macro pode ser digitado no campo dos parâmetros ou selecionado da lista de Macros (clitando em cima) e adicionado à lista de Parâmetros clicando no botão . As Macros pré-definidas e seus símbolos são descritos no Quadro 12.1.

Exemplificando como a Macro trabalha, considere os campos preenchidos na caixa de diálogo de propriedades mostrada na Figura 12.3. Essa ferramenta Adicional – o Editor de Planilhas - busca ativar o Excel, da Microsoft, e abrir um arquivo de dados do SWMM cujo nome deve ser especificado. Para tanto, o SWMM emitirá a seguinte linha de comando:

```
C:\Arquivos de programas\Microsoft Office\Office10\EXCEL.EXE $INPFILE
```

onde a concatenação de caracteres \$INPFILE é substituída pelo nome de um arquivo temporário que o SWMM cria internamente e que conterá os dados do projeto.

Quadro 12.1 - Macros utilizadas como parâmetros de linha de comando para ferramentas externas adicionais

Símbolo da Macro	Substituído na linha de comando por
\$PROJDIR	O diretório onde os arquivos do projeto SWMM atual são armazenados.
\$SWMMDIR	O diretório onde o programa executável do SWMM se localiza.
\$INPFILE	O nome de um arquivo temporário contendo os dados do projeto atual.
\$RPTFILE	O nome de um arquivo temporário criado logo após a ferramenta adicional ser ativada e que pode ser visualizado após fechamento da ferramenta, utilizando o comando Relatório do Estado do Menu principal do SWMM.
\$OUTFILE	O nome de um arquivo temporário onde a ferramenta escreve os resultados da simulação. O arquivo pode ser visualizado após fechar a ferramenta da mesma maneira que seria feito para os resultados de uma simulação com o SWMM.
\$RIFFILE	O nome do arquivo da interface de escoamento superficial, tal como especificado na página relativa aos arquivos de interface na caixa de diálogo de Simulação. Nele, foram gravados os resultados de escoamento superficial de uma simulação anterior do SWMM.

### Desativar o SWMM Enquanto Estiver Executando

Marcar esta opção para minimizar e desativar o SWMM enquanto a ferramenta adicional está sendo executada. Normalmente, precisa-se utilizar esta opção se a ferramenta produz um arquivo de entrada ou de saída do SWMM, tal como ocorre quando as Macros \$INPFILE ou \$OUTFILE são inseridas como parâmetros da linha de comando. Quando esta opção for habilitada, a janela principal do SWMM será minimizada e não responderá a qualquer comando do utilizador até que termine a execução da ferramenta adicional.

### Atualizar o SWMM Após Fechamento

Habilitando esta opção o SWMM será atualizado após o término da execução da ferramenta adicional. Esta opção só pode ser marcada se a opção **Desativar SWMM enquanto estiver executando** for selecionada. A atualização pode ser feita de duas maneiras. 1) Se a Macro \$INPFILE foi introduzida na lista de parâmetros da linha de comando e o arquivo temporário correspondente produzido pelo SWMM for atualizado pela ferramenta, então os dados do projeto atual serão substituídos pelos dados contidos no arquivo temporário. 2) Se a Macro \$OUTFILE foi introduzida na lista de parâmetros da linha de comando, e se o arquivo correspondente contém um conjunto de dados corretos após a execução da ferramenta adicional, então o conteúdo deste arquivo será utilizado pelo SWMM para mostrar os resultados da simulação.

De forma geral, os fornecedores de ferramentas externas deverão disponibilizar instruções a respeito das configurações a serem introduzidas na caixa de diálogo de propriedades das ferramentas adicionais para que estas sejam corretamente associadas a um projeto SWMM.

# APÊNDICE A: Tabelas Úteis \_\_\_\_\_

## A.1 Unidades de Medida

Parâmetro	Sistema Americano	Sistema Internacional Métrico
Área (Sub-Bacia)	acres	hectares
Área (Armazenamento)	pés quadrados	metros quadrados
Área (Retenção)	pés quadrados	metros quadrados
Sucção capilar	polegadas	milímetro
Concentração	mg/L (miligramas/litro) ug/L (microgramas/litro) Contagem/L (contagens/litro)	mg/L ug/L contagem/L
Constante de Decaimento (Infiltração)	1/hora	1/hora
Constante de Decaimento (Poluentes)	1/dia	1/dia
Armazenamento em Depressão	polegadas	milímetros
Profundidade	pés	metros
Diâmetro	pés	metros
Coeficiente de vazão • Orifício • Barragem	adimensional CFS/pés <sup>n</sup>	adimensional m <sup>3</sup> /metro <sup>n</sup>
Elevação	pés	metros
Evaporação	polegadas/dia	milímetros/dia
Fluxo	CFS (pés cúbicos/segundo) GPM (galões/minuto) MGD (milhões galões/dia)	m <sup>3</sup> /s (metros cúbicos/segundo) LPS (litros/segundo) MLD (milhões litros/dia)
Cota Piezométrica	pés	metros
Condutividade Hidráulica	polegadas/hora	milímetros/hora
Taxa de Infiltração	polegadas/hora	milímetros/hora
Comprimento	pés	metros
Coeficiente de Manning n	segundos/metro <sup>1/3</sup>	segundos/metro <sup>1/3</sup>
Acumulação de Agente Poluente	massa/comprimento massa/acre	massa/comprimento massa/hectare
Intensidade de Precipitação	polegadas/hora	milímetros/hora
Altura de Precipitação	polegadas	milímetros
Declividade (Sub-bacias)	percentagem	percentagem



Declividade (Seção transversal)	altura/distância	altura/distância
Intervalo de Limpeza de Rua	dias	dias
Volume	pés cúbicos	metros cúbicos
Largura	pés	metros

## A.2 Características do Solo

Classe do Solo	K	$\psi$	$\phi$	CC	WP
Areia	4,74	1,93	0,437	0,062	0,024
Areno Lemoso	1,18	2,40	0,437	0,105	0,047
Lemo Arenoso	0,43	4,33	0,453	0,190	0,085
Lemo	0,13	3,50	0,463	0,232	0,116
Lemo Franco	0,26	6,69	0,501	0,284	0,135
Lemo Arenoso Argiloso	0,06	8,66	0,398	0,244	0,136
Lemo Argiloso	0,04	8,27	0,464	0,310	0,187
Lemo Franco Argiloso	0,04	10,63	0,471	0,342	0,210
Argila Arenosa	0,02	9,45	0,430	0,321	0,221
Argila Franca	0,02	11,42	0,479	0,371	0,251
Argila	0,01	12,60	0,475	0,378	0,265

**K** = condutividade hidráulica do solo saturado, polegadas/hora

$\psi$  = pressão de sucção, polegadas

$\phi$  = porosidade, fração

**CC** = capacidade de campo, fração

**WP** = ponto de murcha, fração

Fonte: Rawls, W.J. et al. (1983). J. Hyd. Engr., 109:1316.

## A.3 Classes Hidrológicas dos Solos pelo NRCS (National Resources Conservation Service)

Grupo	Significado	Condutividade Hidráulica Saturada (pol/h)
A	Escoamento superficial potencialmente baixo. Solos com uma taxa de infiltração alta, mesmo quando completamente saturados e principalmente profundos; areia drenada excessivamente ou cascalhos.	$\geq 0,45$
B	Solos com uma taxa de infiltração moderada, quando completamente saturado e, principalmente, com profundidade moderada a profundo; solos moderadamente drenados a bem drenados; solos com textura moderadamente fina a moderadamente grosseira. Por exemplo, solo lemo-arenoso.	0,30 – 0,15
C	Solos com taxa de infiltração lenta quando completamente saturados e consistindo, principalmente, de solos com uma camada que impede o movimento descendente de água ou solos com uma textura moderadamente fina a textura fina. Por exemplo, solo lemo argiloso, argilo arenoso com profundidade rasa.	0,15 – 0,05
D	Potencial de escoamento superficial alto. Solos com taxa de	0,05 – 0,00

infiltração muito lenta, quando completamente saturados e consistindo, principalmente, de solos argilosos com um alto potencial de expansão; solos com um lençol freático permanente alto; solos com camada de argila na, ou próxima à, superfície, e solos rasos sobre material quase impermeável.

#### A.4 Curva Número do Soil Conservation Service – SCS<sup>1</sup>

Descrição do Uso de Terra	Classes Hidrológicas do Solo - NRCS			
	A	B	C	D
Terra cultivada				
• Sem tratamento para conservação	72	81	88	91
• Com tratamento para conservação	62	71	78	81
Pastagem				
• Condição ruim	68	79	86	89
• Condição boa	39	61	74	80
Campo				
• Condição boa	30	58	71	78
Floresta				
• Densidade baixa, coberturas pobres, sem cobertura	45	66	77	83
• Boa cobertura <sup>2</sup>	25	55	70	77
Espaços abertos, gramados, parques, campos de golfe, cemitérios etc.				
• Condição boa: cobertura de grama em 75% ou mais da área	39	61	74	80
• Condição justa: cobertura de grama em 50-75% da área	49	69	79	84
Áreas comerciais e de negócios (85% impermeáveis)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)	81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup>				
Tamanho médio do lote (% impermeáveis <sup>4</sup> )				
• 0,05 ha ou menos (65)	77	85	90	92
• 0,10 ha (38)	61	75	83	87
• 0,13 ha (30)	57	72	81	86
• 0,20 ha (25)	54	70	80	85
• 0,40 ha (20)	51	68	79	84
Estacionamento pavimentado, telhados, calçadas etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Ruas e estradas				
• Pavimentada com meio fio e drenagem <sup>5</sup>	98	98	98	98
• Em cascalho	76	85	89	91
• Sujas	72	82	87	89

<sup>1</sup> Condição de umidade antecedente II; Fonte: SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2nd Ed., (TR-55), June 1986.

<sup>2</sup> Cobertura boa é aquela sem pastagem, sem serrapilheira e nem sub-bosque.

<sup>3</sup> Curvas Números são determinadas assumindo que o escoamento a partir da casa e da garagem é conduzido para a rua, com uma parte mínima da água do telhado conduzida para gramados onde pode infiltrar.

<sup>4</sup> As áreas permeáveis remanescentes (gramados) são consideradas em bom estado de conservação para estas Curvas Números.

<sup>5</sup> Para alguns climas mais quentes, um número de curva 95 pode ser utilizado.

## A.5 Armazenamento em Depressões

Superfícies Impenetráveis	1,27 – 2,54 mm
Gramados	2,54 – 5,08 mm
Pastagem	5,08 mm
Serrapilheira	7,62 mm

Fonte: ASCE, (1992). Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York, NY.

## A.6 Coeficiente n de Manning - escoamentos à Superfície Livre

Superfície	n
Asfalto liso	0,011
Concreto liso	0,012
Concreto normal	0,013
Madeira	0,014
Tijolo com cimento	0,014
Cerâmica	0,015
Ferro fundido	0,015
Tubos de metal ondulado	0,024
Cimento com superfície de pedregulho	0,024
Solo em pousio	0,05
Solos cultivados	
• Cobertos de resíduos < 20%	0,06
• Cobertos de resíduos > 20%	0,17
Campo (natural)	0,13
Gramma	
• Curta, pradaria	0,15
• Densa	0,24
• Gramma-bermudas	0,41
Floresta	
• Vegetação rasteira leve	0,40
• Vegetação rasteira densa	0,80

Fonte: McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

## A.7 Coeficiente n de Manning - Condutos Fechados

Material	Manning n
Tubulação cimento-amianto	0,011 - 0,015
Tijolo	0,013 - 0,017
Tubulação de ferro	
Cimento forrado e revestido	0,011 - 0,015
Concretos (Monolítico)	
• Formas lisas	0,012 - 0,014
• Formas rugosas	0,015 - 0,017
Tubulação de concreto	0,011 - 0,015

Tubulação de metal corrugado (1/2-pol x 2-2/3-pol ranhuras)	
• Liso	0,022 - 0,026
• Ranhuras inversas	0,018 - 0,022
• Revestimento asfáltico	0,011 - 0,015
Tubulação plástica (lisa)	0,011 - 0,015
Cerâmico	
• Tubos	0,011 - 0,015
• Chapas assembladas	0,013 - 0,017

Fonte: ASCE (1982). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

## A.8 Coeficiente n de Manning – Canais Abertos

Tipo de Canal	Manning n
Canais Revestidos	
• Asfalto	0,013 - 0,017
• Alvenaria	0,012 - 0,018
• Concreto	0,011 - 0,020
• Pedregulho ou enrocamento	0,020 - 0,035
• Vegetal	0,030 - 0,40
Escavado ou dragado	
• Terra, reto e uniforme	0,020 - 0,030
• Terra, sinuoso, razoavelmente uniforme	0,025 - 0,040
• Rocha	0,030 - 0,045
• Sem manutenção	0,050 - 0,140
Canais naturais (curso de água pequeno com largura máxima de inundação < 100 pés)	
• Seção razoavelmente regular	0,030 - 0,070
• Seção irregular com represamento	0,040 - 0,100

Fonte: ASCE (1982). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

## A.9 Características da Qualidade da Água de Escoamento Urbano

Constituinte	Concentrações Médias do Evento
Sólidos Totais (mg/L)	180 – 548
DBO (mg/L)	12 – 19
DQO (mg/L)	82 – 178
Fósforo Total (mg/L)	0,42 – 0,88
Fósforo Solúvel (mg/L)	0,15 – 0,28
Nitrogênio Total (mg/L)	1,90 – 4,18
NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	0,86 – 2,2
Cobre Total (ug/L)	43 – 118
Chumbo Total (ug/L)	182 – 443
Zinco Total (ug/L)	202 – 633

Fonte: U.S. Environmental Protection Agency. (1983). Results of the Nationwide Urban Runoff Program (NURP), Vol. 1, NTIS PB 84-185552, Water Planning Division, Washington, DC.

## A.10 Codificação dos Bueiros

Código	Tipo/Descrição
Bueiros circulares de concreto	
1	Extremidade em ponta com muro de testa
2	Extremidade com bolsa e muro de testa
3	Extremidade com bolsa projetada para fora
Bueiros metálicos corrugados circulares	
4	Com muro de testa
5	Biselado para adaptar-se à declividade do aterro
6	Projetando-se para fora
Tubo circular com entrada chanfrada	
7	Com ângulo de 45°
8	Com ângulo de 33,7°
Bueiro retangular e alargamento dos muros de ala	
9	Alargamento entre 30 - 75 °
10	Alargamento com 90° ou 15°
11	Sem alargamento – os muros de ala da saída encontram-se no prolongamento da tubulação
Bueiro retangular com alargamento dos muros de ala e laje de teto biselada	
12	Alargamento de 45° e chanfro da laje de 0,43D
13	Alargamento entre 18 e 33,7° e chanfro da laje de 0,083D
Bueiro retangular, muro de testa a 90° e bordas de entrada chanfradas	
14	Chanfro de ¾"
15	Biselado a 45° (inclinação 1:1)
16	Biselado a 33,7° (inclinação 1:1,5)
Bueiro retangular, muro de testa esconso e bordas de entrada chanfradas ou biseladas	
17	Chanfro de ¾" e esconsidade a 45°
18	Chanfro de ¾" e esconsidade a 30°
19	Chanfro de ¾" e esconsidade a 15°
20	Biselado a 45° e esconsidade entre 10 e 45°
Bueiro retangular, muros de ala sem offset, chanfro de ¾" na laje do teto da entrada	
21	Muros de ala a 45° (inclinação 1:1)
22	Muros de ala a 18,4° (inclinação 3:1)
23	Muros de ala a 18,4° (inclinação 3:1), esconsidade de entrada a 30°
Bueiro retangular, muros de ala com offset, borda da laje de entrada biselada	
24	Muros de ala a 45° e biselado com 0,042 D
25	Muros de ala a 33,7° e biselado com 0,083 D
26	Muros de ala a 18,4° e biselado com 0,083 D
Bueiro retangular de metal corrugado	
27	Muro de testa a 90°
28	Paredes espessas em projeção
29	Paredes delgadas em projeção
Bueiro de concreto elíptico horizontal (o eixo maior é horizontal)	
30	Extremidade em ponta com muro de testa
31	Extremidade com bolsa e muro de testa
32	Extremidade com bolsa projetada para fora
Bueiro de concreto elíptico vertical (o eixo maior é vertical)	
33	Extremidade em ponta com muro de testa
34	Extremidade com bolsa e muro de testa
35	Extremidade com bolsa projetada para fora
Tubo ovoide de metal corrugado com raio de canto de 18"	
36	Com muro de testa

37	Biselado para adaptar-se à declividade do aterro
38	Projetando-se para fora
Tubo ovoide de metal corrugado com raio de canto de 18" e controle de entrada	
39	Entrada estruturada com o tubo projetando-se para fora
40	Entrada com muro de testa parcial (de apoio) sem bisel
41	Entrada com muro de testa parcial (de apoio) com bisel a 33,7°
Tubo ovoide de metal corrugado com raio de canto de 31" e controle de entrada	
42	Entrada estruturada com o tubo projetando-se para fora
43	Entrada com muro de testa parcial (de apoio) sem bisel
44	Entrada com muro de testa parcial (de apoio) com bisel a 33,7°
Tubo em arco de metal corrugado	
45	Com muro de testa
46	Biselado para adaptar-se à declividade do aterro
47	Projetando-se para fora com parede delgada
Bueiro circular com seção de adaptação à entrada	
48	De concreto
49	Em metal corrugado
Bueiro de seção não retangular com seção de adaptação à entrada e controle pela entrada elíptica	
50	Com as bordas de entrada em bisel
51	Com as bordas de entrada reta
52	Com as bordas se projetando em paredes delgadas
Bueiro retangular com seção de adaptação à entrada ( <i>tapered inlet throat</i> )	
53	Seção de adaptação à entrada
Bueiro retangular com entrada em concreto estruturado e seção de adaptação à entrada	
54	Adaptação lateral (estreitamento lateral) e bordas pouco favoráveis ao escoamento
55	Adaptação lateral (estreitamento lateral) e bordas favoráveis ao escoamento
56	Adaptação da inclinação (estreitamento da altura) e bordas pouco favoráveis ao escoamento
57	Adaptação da inclinação (estreitamento da altura) e bordas pouco favoráveis ao escoamento

### A.11 Coeficientes de Perda em Entradas de Bueiros - Ke

Tipo de Estrutura e Projeto para a Entrada do Bueiro	Coeficiente
<b>Tubo de Concreto</b>	
Bolsa projetando-se para fora do aterro	0,2
Ponta projetando-se para fora do aterro	0,5
Com muro de testa ou muro de testa e muros de ala, final de tubo	
• em bolsa	0,2
• em ponta	0,5
Arredondado ( $R = D/12$ )	0,2
Em bisel para adaptar-se à saída do aterro	0,7
Com seção terminal de entrada conformada com a saída do aterro <sup>1</sup>	0,5
Com bordas da boca biseladas a 33,7° ou 45°	0,2
Com seção de adaptação por estreitamento lateral ou estreitamento da altura	0,2
<b>Bueiro de Metal Corrugado ou Bueiro de Concreto Celular</b>	
Projetando-se para fora do aterro (sem muro de testa)	0,9
Muro de testa ou muro de testa com muros de ala e final do tubo em ângulo reto	0,5
Final de tubo em bisel para adaptar-se à saída do aterro (somente para bueiros de metal corrugado)	0,7
Com seção terminal de entrada conformada com a saída do aterro <sup>1</sup>	0,5

Com bordas da boca biseladas a 33,7° ou 45°	0,2
Com seção de adaptação por estreitamento lateral ou estreitamento da altura	0,2
<b>Bueiro Retangular de Concreto Estruturado</b>	
Muro de testa paralelo ao aterro (sem muro de ala)	
• Bordas em ângulo reto	0,5
• Bordas arredondas ( $R = D/12$ ) ou biseladas	0,2
Muros de ala com ângulo de 30° a 75° em relação ao bueiro	
• Geratriz reta	0,4
• Geratriz arredondada	0,2
Muros de ala com ângulo de 10° a 25° em relação ao bueiro	
• Geratriz reta	0,5
Muros de ala paralelos (extensão das paredes laterais)	
• Geratriz reta	0,7
Com seção de adaptação por estreitamento lateral ou estreitamento da altura	0,2

<sup>1</sup> Nota: “Com seção terminal de entrada conformada à saia do aterro”, feita de concreto ou de metal corrugado; são seções que normalmente são disponibilizadas pelos fabricantes. Com poucos testes hidráulicos realizados, pode-se afirmar que são equivalentes (enquanto coeficiente de perdas) a um muro de testa instalado na seção de controle (na saída ou na entrada). Algumas seções terminais que incorporem um dispositivo de adaptação por estreitamento têm uma eficiência hidráulica superior, podendo-se utilizar para o projeto os mesmos coeficientes que para as entradas com bordas biseladas.

A fonte destes valores provém da publicação N° FHWA-NHI-01-020 da *Federal Highway Administration* dos EUA (2005) intitulada *Hydraulic design of Highway Culverts*.

# APÊNDICE B: Propriedades dos Objetos Físicos

## B.1 Propriedades dos Pluviômetros

Nome	Nome do pluviômetro escolhido pelo usuário
Coordenada X	Abcissa do pluviômetro na área de estudo. Se estiver em branco, o pluviômetro não aparecerá no mapa.
Coordenada Y	Ordenada do pluviômetro na área de estudo. Se estiver em branco, o pluviômetro não aparecerá no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição opcional do posto pluviométrico.
Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar o posto pluviométrico.
Formato da Precipitação	Formato em que os dados de precipitação são fornecidos: INTENSITY: cada valor de precipitação é a taxa média em polegadas/hora (ou mm/hora) no intervalo gravado. VOLUME: cada valor de precipitação é a altura de precipitação que caiu no intervalo de registro (em polegadas ou milímetros). CUMULATIVE: cada valor de precipitação representa a precipitação acumulada desde o início da última série de valores não nulos (em polegadas ou milímetros).
Intervalo de Precipitação	Intervalo de registro entre as leituras do pluviômetro em formato: horas decimais ou horas:minutos.
Fator Neve	Fator que corrige leituras para queda de neve.
Fonte de Dados	Origem de dados da Precipitação; pode ser <b>TIME SERIES</b> (Série Temporal) para dados fornecidos pelo usuário ou <b>FILE</b> (Arquivo) para um arquivo de dados externos.
<b>SÉRIE TEMPORAL</b>	
Nome	Nome da série temporal com dados de precipitação, no caso em que a origem de dados selecionados foi <b>SÉRIE TEMPORAL</b> ; caso contrário deixar vazia (Clique duas vezes para editar a série).
<b>ARQUIVO</b>	
Nome do Arquivo	Nome do arquivo externo contendo dados de precipitação.
Nº Estação	Número do pluviômetro.
Unidade da Precipitação	Unidade para os valores de precipitação no arquivo. (pol ou mm)



## B.2 Propriedades da Sub-Bacia

Nome	Nome da sub-bacia escolhida pelo usuário.
Coordenada X	Abcissa do centróide da sub-bacia na área de estudo. Se estiver em branco a sub-bacia não aparecerá no mapa.
Coordenada Y	Coordenada do centróide da sub-bacia na área de estudo. Se estiver em branco a sub-bacia não aparecerá no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição opcional da sub-bacia.
Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar a sub-bacia.
Pluviômetro	Nome do pluviômetro associado à sub-bacia.
Exutório	Nome do nó ou de outra sub-bacia que recebe o escoamento da sub-bacia.
Área	Área da sub-bacia (acres ou hectares).
Largura	Largura característica do escoamento superficial (pés ou metros). Um valor inicial dessa largura é estimado dividindo a área da sub-bacia pelo valor médio do comprimento máximo de escoamento superficial. O comprimento máximo de escoamento superficial é o comprimento do caminho percorrido pela água superficial do ponto mais longe da sub-bacia até o ponto onde o escoamento é canalizado. Comprimentos máximos correspondentes a vários caminhos de escoamento superficial devem ser calculados, assim como a média correspondente. Estes caminhos devem refletir escoamentos lentos, tal como sobre superfícies permeáveis, mais do que escoamentos rápidos sobre terreno pavimentado. Ajustes deverão ser feitos para o parâmetro largura de forma a representar bem os hidrogramas de escoamento medidos.
Declividade (%)	Declividade média da sub-bacia, em porcentagem.
Impermeável (%)	Porcentagem da área superficial impermeável.
n-Impermeável	Coefficiente “n” de Manning para escoamento superficial na parcela da sub-bacia impermeável (ver seção A.6 para valores típicos).
n-Permeável	Coefficiente “n” de Manning para escoamento superficial na parcela da sub-bacia permeável (ver seção A.6 para valores típicos).
PA-Impermeável	Profundidade do armazenamento em depressão na parcela impermeável da sub-bacia (pol ou mm) - Ver Seção A.5 para valores típicos.
PA-Permeável	Profundidade do armazenamento em depressão na parcela permeável da sub-bacia (pol ou mm) (Ver Seção A.5 para valores típicos).
% A imp s/ arm.	Porcentagem da área impermeável sem armazenamento em depressão.
Propagação do Escoamento	Permite escolher o modo de propagação do escoamento superficial entre áreas permeáveis e impermeáveis: <b>IMPervIOUS</b> : escoamento a partir da área permeável para a área impermeável, <b>PERVIOUS</b> : escoamento a partir da área impermeável para a área permeável, <b>OUTLET</b> : escoamento a partir de ambas as áreas diretamente para o exutório da sub-bacia.
% Propagada	Porcentagem do escoamento superficial propagando-se entre subáreas.
Infiltração	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar parâmetros de infiltração da sub-bacia.
Controles LID	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar o controle por dispositivos de baixo impacto na sub-bacia.
Águas Subterrâneas	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar parâmetros de escoamento de águas subterrâneas na sub-bacia.

Acumulação de Neve	Nome do conjunto de parâmetros relativo à acumulação de neve (se houver) para a sub-bacia.
Uso de Solo	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para atribuir os usos do solo para a sub-bacia.
Configuração Inicial	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para especificar quantidades iniciais de poluentes na sub-bacia.
Comprimento Meio-fio	Comprimento total do meio-fio na sub-bacia (qualquer unidade de comprimento). Usado apenas quando a configuração inicial de poluente é normalizada pelo comprimento do meio-fio.

### B.3 Propriedades das Conexões

Nome	Nome da conexão escolhida pelo usuário.
Coordenada X	Abcissa da conexão na área de estudo. Se estiver em branco a sub-bacia não vai aparecer no mapa.
Coordenada Y	Coordenada da conexão na área de estudo. Se estiver em branco a sub-bacia não vai aparecer no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição opcional da conexão.
Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar a conexão.
Afluências	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para atribuir à conexão: fluxo externo direto, fluxos em tempos secos ou RDII.
Tratamento	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar um conjunto de funções de tratamento para os agentes poluentes entrando no nó.
Cota do radier	Cota do radier da conexão (pés ou metros).
Profundidade máx.	Profundidade máxima da conexão (medida do terreno até o radier) (pés ou metros). Caso o valor desta altura seja nulo, o programa entende que a profundidade máxima corresponde à distância entre a geratriz do trecho mais alto conectado ao nó, e o radier.
Profundidade Inicial	Profundidade de água na conexão, no início da simulação (pés ou metros).
Profundidade de Sobrecarga	Profundidade adicional da água acima da profundidade máxima que é permitida antes de ocorrer inundação acima da conexão (pés ou metros). Este parâmetro pode ser usado para simular a tampa da caixa de inspeção aparafusada ou sobrecargas nas conexões principais.
Área de Alagamento	Área com água alagada sobre a conexão depois de ocorrer uma inundação (pés quadrados ou metros quadrados). Se nas configurações de simulação, a opção de alagamento é permitida/ligada, um valor não-nulo deste parâmetro vai permitir que a água possa ser alagada (empoçada) e posteriormente devolvida para o sistema de drenagem quando este volta a apresentar capacidade de escoamento.

## B.4 Propriedades do Exutório

Nome	Nome do Exutório escolhido pelo usuário.
Coordenada X	Abcissa do Exutório na área de estudo. Se estiver vazio, o exutório não vai aparecer no mapa.
Coordenada Y	Ordenada do Exutório na área de estudo. Se estiver vazio, o exutório não vai aparecer no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição do Exutório (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar o Exutório (opcional).
Afluências	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para atribuir ao exutório fluxos diretos externos, fluxos em tempos secos ou RDII.
Tratamento	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar um conjunto de funções de tratamento para os agentes poluentes entrando no exutório.
Cota do Radier	Cota do radier do Exutório (pés ou metros).
Comporta Antirretorno	<b>SIM</b> – Existe uma comporta de contenção para evitar retorno do fluxo. <b>NO</b> – Não há comporta de contenção.
Tipo	Tipo de condição de contorno do Exutório: <b>LIVRE</b> : condição determinada pelo valor mínimo entre a altura do escoamento crítico e a do escoamento normal no conduto conectado. <b>NORMAL</b> : condição determinada pela altura do escoamento normal no conduto conectado. <b>FIXO</b> : condição determinada por um nível fixo de água. <b>MARÉ</b> : condição determinada pela altura da maré descrita em função da hora do dia. <b>SÉRIE TEMPORAL</b> : condição fornecida por meio de uma série temporal de cotas.
Condição de Contorno Permanente	Cota de água para tipo <b>FIXO</b> do Exutório (pés ou metros).
Nome da Curva descritora da Maré	Nome da curva que relaciona a elevação de água da maré com a hora do dia para um Exutório tipo <b>MARÉ</b> (Clique duas vezes para editar a curva).
Nome da Série Temporal	Nome da série temporal contendo a série temporal das cotas de descargas para um Exutório tipo <b>SÉRIE TEMPORAL</b> (Clique duas vezes para editar a série).

## B.5 Propriedades do Divisor de Fluxo

Nome	Nome do divisor de fluxo escolhido pelo usuário.
Coordenada X	Abcissa do divisor de fluxo na área de estudo. Se estiver vazio, o divisor de fluxo não vai aparecer no mapa.
Coordenada Y	Coordenada do divisor de fluxo na área de estudo. Se estiver vazio, o divisor de fluxo não vai aparecer no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição do divisor de fluxo (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar o divisor de fluxo (opcional).
Afluências	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para atribuir ao divisor de fluxo: fluxos diretos externos; fluxos em tempos secos ou RDII.
Tratamento	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar um conjunto de funções de tratamento para os agentes poluentes entrando no divisor de fluxo.
Cota do Radier	Cota do radier do divisor de fluxo (pés ou metros).
Profundidade Máx.	Profundidade máxima do divisor de fluxo; medida do terreno para o radier, em pés ou metros. Ver a descrição da Conexão.
Profundidade Inicial	Altura de água no divisor de fluxo no início da simulação (pés ou metros).
Profundidade de Sobrecarga	Profundidade adicional da água acima da profundidade máxima que é permitida antes de ocorrer inundação acima da conexão (pés ou metros)..
Área Alagada	Área com água empoçada acima do divisor de fluxo depois de ocorrer a inundação (pés quadrados ou metros quadrados). Ver a descrição na conexão.
Trecho de Desvio	Nome do trecho que recebe o fluxo desviado.
Tipo	Tipo de divisor de fluxo. Escolhas são: CORTE (Deriva todos os fluxos acima de um valor especificado - valor de corte). EXCESSO (Deriva todos os fluxos de entrada acima da capacidade da vazão do conduto principal - aquele que não é o conduto de diversão). TABULAR (Utiliza uma tabela definida pelo usuário para expressar a relação entre a vazão desviada em função da vazão total de entrada). VERTEDOR (Utiliza a equação característica de um vertedor para calcular a vazão desviada).
<b>DIVISOR DE CORTE</b>	
Valor de Fluxo	Valor de corte do fluxo usado para um divisor tipo CORTE (unidades de fluxo).
<b>DIVISOR TABULAR</b>	
Nome da Curva	Nome da curva de derivação usada com divisor tipo TABULAR (Clique duas vezes para editar a curva).
<b>DIVISOR VERTEDOR</b>	
Fluxo Mín.	Fluxo mínimo a partir do qual começa a derivação para um divisor tipo VERTEDOR (unidades de fluxo).
Profundidade Máxima	Altura vertical da abertura do VERTEDOR (pés ou metros)
Coeficiente	Produto do coeficiente de vazão do VERTEDOR e seu comprimento. Coeficientes de vazão variam de 2.65 a 3.10 por pé, para fluxos expressos em CFS.

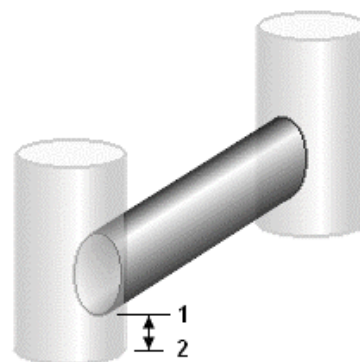
## B.6 Propriedades da Unidade de Armazenamento

Nome	Nome da unidade de armazenamento escolhida pelo usuário.
Coordenada X	Abcissa da unidade de armazenamento na área de estudo. Se estiver vazia, a unidade de armazenamento não vai aparecer no mapa.
Coordenada Y	Coordenada da unidade de armazenamento na área de estudo. Se estiver vazia, a unidade de armazenamento não vai aparecer no mapa.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição opcional da unidade de armazenamento.
Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar a unidade de armazenamento.
Afluências	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para atribuir à unidade de armazenamento: fluxos diretos externos; fluxos em tempos secos ou RDII.
Tratamento	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar um conjunto de funções de tratamento para agentes poluentes que entram na unidade de armazenamento.
Cota do “radier”	Cota do radier da unidade de armazenamento (pés ou metros).
Profundidade Máx.	Profundidade máxima da unidade de armazenamento (pés ou metros).
Profundidade Inicial	Profundidade da água na unidade de armazenamento no início da simulação (pés ou metros).
Área alagada	Área com água empoçada acima da unidade de armazenamento, quando a profundidade de água exceder a profundidade máxima (pés quadrados ou metros quadrados). Veja descrição para Conexão.
Fator de evaporação	A fração da evaporação potencial a partir da superfície de água da unidade de armazenamento que realmente evapora.
Infiltração	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para fornecer um conjunto de parâmetros de Green-Ampt que descrevem como a água pode infiltrar no solo nativo abaixo do reservatório. Veja a Seção C.7 para uma descrição desses parâmetros; para desabilitar qualquer infiltração, certifique-se que esses parâmetros estão em branco.
Curva do Reservatório	Método de descrição da forma geométrica da unidade de armazenamento: <b>FUNCIONAL</b> usa a função $\text{Área} = A * (\text{Profundidade})^B + C$ para descrever como a superfície varia com a profundidade. <b>TABULAR</b> usa uma tabela com valores de áreas versus profundidade. Em ambos os casos, a profundidade é medida em pés (ou metros) e a área de superfície em pés quadrados (ou metros quadrados).
<b>FUNCIONAL</b>	
Coeficiente	Valor A na relação funcional entre a superfície e a profundidade da unidade de armazenamento.
Expoente	Valor B na relação funcional entre a superfície e a profundidade da unidade de armazenamento.
Constante	Valor C na relação funcional entre a superfície e a profundidade da unidade de armazenamento.
<b>TABULAR</b>	
Nome da Curva	Nome da curva do reservatório que contém a relação entre superfície e profundidade da unidade de armazenamento (clique duas vezes para editar a curva).

## B.7 Propriedades do Conduto

Nome	Nome do conduto escolhido pelo usuário.
Nó de Entrada	Nome do nó de entrada do conduto (que é normalmente o nó na extremidade a mais elevada).
Nó de Saída	Nome do nó de saída do conduto (que é normalmente o nó na extremidade a mais baixa).
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição opcional do conduto.
Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar o conduto.
Forma	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar as propriedades geométricas da seção transversal do conduto.
Profundidade Máxima	Profundidade máxima da seção transversal do conduto (pés ou metros).
Comprimento	Comprimento do conduto (pés ou metros).
Coefficiente de Rugosidade de Manning	Coefficiente de rugosidade de Manning (ver Seção A.7 para valores de condutos fechados ou Seção A.8 para valores de canais abertos).
Offset de entrada	Altura ou cota do conduto acima do radier do nó de montante do conduto (pés ou metros). Ver Figura abaixo
Offset de saída	Altura ou cota do conduto acima do radier do nó de jusante do conduto (pés ou metros). Ver Figura abaixo.
Fluxo Inicial	Fluxo inicial no conduto (unidades de fluxo).
Fluxo Máximo	Fluxo máximo permitido no conduto (unidades de fluxo) - use "0" ou deixe vazio se não é aplicável.
Coef. Perda de Entrada	Coefficiente de perda de carga na entrada do conduto. Para bueiros, consulte a Tabela A.11.
Coef. Perda de Saída	Coefficiente de perda de carga na saída do conduto. Para bueiros, use o valor 1,0.
Coef. Perda Média	Coefficiente de perda de carga ao longo de conduto.
Dispositivo de Retenção	SIM, caso existe um dispositivo de retenção que impede o fluxo inverso no conduto, ou NÃO, caso não há dispositivo de retenção.
Código do Bueiro	Código da geometria de entrada se o conduto é um bueiro – caso contrário deixe em branco. Números de código para bueiros estão listados na Tabela A.10.

NOTA: Os condutos e os reguladores de fluxo (orifícios, vertedouros e bocais) podem ser posicionados a alguma distância, acima da cota de radier de seus nós de entrada e de saída. Há duas convenções diferentes disponíveis para especificar a localização desta distância. A convenção Profundidade usa a distância de deslocamento do radier (distância entre ① e ② na figura acima). A convenção Elevação usa a cota em valor absoluto da geratriz inferior do conduto (cota do ponto ① da mesma figura). A escolha da convenção pode ser feita na barra de estado da janela principal do SWMM ou na página de propriedades de nó/conexão da caixa de diálogo Configurações Pré-definidas do projeto.



## B.8 Propriedades da Bomba

Nome	Nome da bomba escolhido pelo usuário.
Nó de Entrada	Nome do nó no lado de entrada da bomba.
Nó de Saída	Nome do nó no lado de saída da bomba.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição da bomba (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar a bomba (opcional).
Curva da Bomba	Nome da Curva da Bomba, que contém os dados de funcionamento da bomba (clique duas vezes para editar a curva). Use * para uma bomba ideal.
Estado Inicial	Estado da bomba (ligada, ON, ou desligada, OFF) no início da simulação.
Nível de Acionamento	Profundidade no nó de entrada quando liga-se a bomba (pés ou metros).
Nível de Parada Automática	Profundidade no nó de entrada quando a bomba é desligada (pés ou metros).

## B.9 Propriedades do Orifício

Nome	Nome do orifício escolhido pelo usuário.
Nó de Entrada	Nome do nó no lado de entrada do orifício.
Nó de Saída	Nome do nó no lado de saída do orifício.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição do orifício (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar o orifício (opcional).
Tipo	Tipo de orifício (ao lado, SIDE, ou no fundo, BOTTOM).
Forma	Forma do orifício (circular, CIRCULAR, ou retangular, RET CLOSED).
Altura	Altura da abertura do orifício quando totalmente aberto (pés ou metros). Corresponde ao diâmetro de um orifício circular ou à altura de um orifício retangular.
Largura	Largura do orifício retangular quando totalmente aberto (pés ou metros).
Offset	Profundidade ou elevação da parte inferior do orifício, acima do radier do nó de entrada (pés ou metros - ver nota abaixo da tabela de propriedades de condutos).
Coef. de Descarga	Coefficiente de descarga (adimensional). Um valor típico é 0,65.
Dispositivo de Retenção	SIM, se existe um dispositivo de retenção que impede o refluxo no orifício, ou NÃO, se nenhum dispositivo de retenção existe.
Tempo para abrir/fechar	O tempo que leva para abrir um orifício fechado por comporta(ou fechar um orifício aberto) em horas decimais. Use zero ou deixe vazia se os tempos de aberturas/fechamentos não se aplicam. Use regras de controle para ajustar a posição da comporta (ou válvula).



## B.10 Propriedades do Vertedor

Nome	Nome do vertedor escolhido pelo usuário.
Nó de Entrada	Nome do nó de entrada do vertedor.
Nó de Saída	Nome do nó de saída do vertedor.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição do vertedor (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar o vertedor (opcional).
Tipo	Tipo do vertedor: transversal (TRANSVERSE), lateral (SIDEFLOW), em V (V-NOTCH), ou trapezoidal (TRAPEZOIDAL).
Altura	Altura vertical da abertura do vertedor (pés ou metros).
Largura	Largura horizontal da abertura do vertedor (pés ou metros).
Declividade Lateral	Declividade (largura e altura) das paredes laterais de um vertedor em V ou vertedor TRAPEZOIDAL.
Offset	Profundidade ou cota da parte inferior da abertura do vertedor em relação ao “radier” do nó de entrada (pés ou metros - ver a nota abaixo da tabela de condutos).
Coef. de Descarga	Coeficiente de descarga para o fluxo através da parte central do vertedor (para fluxo em CFS usar unidades dos EUA ou m <sup>3</sup> /s quando usar unidades SI). Os valores típicos são: 3,33 EUA (1,84 SI) para vertedor de soleira delgada; 2,5-3,3 EUA (1,38-1,83 SI) para vertedor com soleira espessa, e 2,4-2,8 EUA (1,35-1,55 SI) para vertedor com entalhe em V (triangular).
Dispositivo de Retenção	SIM, se existe um dispositivo de retenção que impede o refluxo no vertedor ou NÃO, se não há dispositivo de retenção.
Coeficiente Lateral	Coeficiente de descarga para o fluxo através das extremidades triangulares num vertedor TRAPEZOIDAL. Ver os valores recomendados para um vertedor em V.
Contrações	Número de lados chanfrados para um vertedor TRANSVERSAL ou TRAPEZOIDAL, cuja largura é menor que a do canal em que ele é colocado. Valores serão 0, 1 ou 2, dependendo, respectivamente se existem uma, duas ou nenhuma contração lateral.



## B.11 Propriedades dos Exutórios

Nome	Nome do exutório escolhido pelo usuário.
Nó de Entrada	Nome do nó de entrada do exutório.
Nó de Saída	Nome do nó de saída do exutório.
Descrição	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para editar uma descrição do exutório (opcional).
Etiqueta	Rótulo usado para categorizar ou classificar o exutório (opcional).
Offset	Profundidade ou cota do exutório acima do radier do nó de entrada (pés ou metros - ver a nota abaixo da tabela de condutores).
Dispositivo de Retenção	SIM, se existe um dispositivo de retenção que impede o refluxo no exutório; NÃO, se não há dispositivo de retenção.
Curva de Descarga (Rating Curve)	Método de definição da vazão (Q) em função da altura de água ou da carga no exutório.  FUNCIONAL/PROFUNDIDADE usa uma função potência ( $Q = A y^B$ ) para descrever essa relação onde y é a profundidade de água acima da abertura no nó de entrada do exutório.  FUNCIONAL/CARGA usa a mesma função potência, com y representando a diferença de carga entre a entrada e a saída do exutório.  TABULAR/PROFUNDIDADE utiliza uma curva de fluxo tabulada em função da profundidade de água acima da abertura no nó de entrada do exutório.  TABULAR/CARGA utiliza uma curva de fluxo tabulada em função da diferença de carga entre a entrada e a saída do exutório.
FUNCIONAL	
Coeficiente	Coeficiente A na relação funcional entre a profundidade ou a carga e a vazão.
Expoente	Coeficiente B na relação funcional entre a profundidade ou a carga e a vazão.
TABULAR	
Nome da Curva	Nome da curva de descarga que contém a relação profundidade ou carga com a vazão. (clique duas vezes para editar a curva).

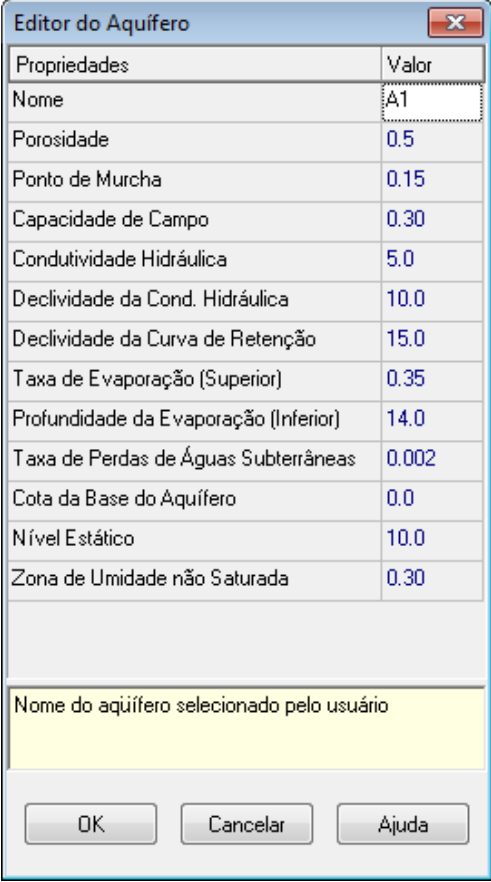
## B.12 Propriedades do Rótulo de Mapa

Texto	Texto do rótulo.
Coordenada X	Abcissa do canto superior esquerdo do rótulo no mapa da área de estudo.
Coordenada Y	Coordenada do canto superior esquerdo do rótulo no mapa da área de estudo.
Nó de Amarração	Nome do nó (ou sub-bacia) que amarra a posição do rótulo quando o mapa é ampliado (ou seja, a distância em pixels entre este nó e o rótulo permanece constante). Se estiver vazio, a ancoragem não é usada.
Fonte	Clique no botão ao lado (ou pressione <i>Enter</i> ) para modificar a fonte usada para escrever o rótulo.

# APÊNDICE C: Editores de Propriedades Especiais

## C.1 Editor de Aquífero

O Editor de Aquífero (ver Figura C.1) é chamado sempre que um novo objeto tipo aquífero é criado ou um objeto tipo aquífero existente é selecionado para ser editado. Ele contém os seguintes campos:



Propriedades	Valor
Nome	A1
Porosidade	0.5
Ponto de Murcha	0.15
Capacidade de Campo	0.30
Condutividade Hidráulica	5.0
Declividade da Cond. Hidráulica	10.0
Declividade da Curva de Retenção	15.0
Taxa de Evaporação (Superior)	0.35
Profundidade da Evaporação (Inferior)	14.0
Taxa de Perdas de Águas Subterrâneas	0.002
Cota da Base do Aquífero	0.0
Nível Estático	10.0
Zona de Umidade não Saturada	0.30

Nome do aquífero selecionado pelo usuário

OK Cancelar Ajuda

Figura C.1 – Editor de Aquífero

- > Nome. Nome do aquífero selecionado pelo usuário.
- > Porosidade. Volume de vazios/volume total de solo (fração volumétrica).
- > Ponto de Murcha. Teor de umidade no solo em que as plantas não conseguem sobreviver (fração volumétrica).
- > Capacidade de Campo. Teor de umidade do solo após toda a água livre ter sido drenada (fração volumétrica).
- > Condutividade Hidráulica. Condutividade hidráulica do solo saturado (em pol/h ou mm/h).
- > Declividade da Condutividade Hidráulica. Inclinação média da curva do log da condutividade versus o déficit de umidade no solo (porosidade menos umidade volumétrica) - adimensional.
- > Declividade da Curva de Retenção. Inclinação média da curva de tensão do solo versus teor de umidade no solo (polegadas ou mm).
- > Razão de Evaporação da Camada Superior. Fração da evaporação total disponível para evapotranspiração na zona não saturada superior.
- > Profundidade da Evaporação da Camada Inferior. Profundidade máxima (ft ou m) na zona saturada inferior até a qual a evapotranspiração pode ocorrer.
- > Taxa de Percolação. Taxa da percolação da zona saturada para as águas subterrâneas profundas (em pol/h ou mm/h).
- > Cota da Base do Aquífero. A cota do fundo do aquífero (pés ou metros).
- > Nível Estático. Nível estático do aquífero, no início da simulação (pés ou metros).
- > Umidade da Zona Não Saturada. Teor de umidade da zona não saturada do aquífero superior no início da simulação (fração volumétrica) - não pode exceder a porosidade do solo.

## C.2 Editor de Climatologia

O Editor de Climatologia é utilizado para inserir valores de diversas variáveis relacionadas com o clima, que são necessárias para algumas simulações do SWMM. O editor é dividido em cinco páginas acionadas com abas, cada página sendo um editor específico para uma determinada categoria de variável climática.

### Página de Temperatura

A página de Temperatura do Editor de Climatologia (ver Figura C.2) é utilizada para especificar a fonte de dados de temperatura utilizada para os cálculos do degelo. Ela também pode ser utilizada para selecionar um arquivo de clima como fonte para as taxas de evaporação. Há três opções disponíveis:

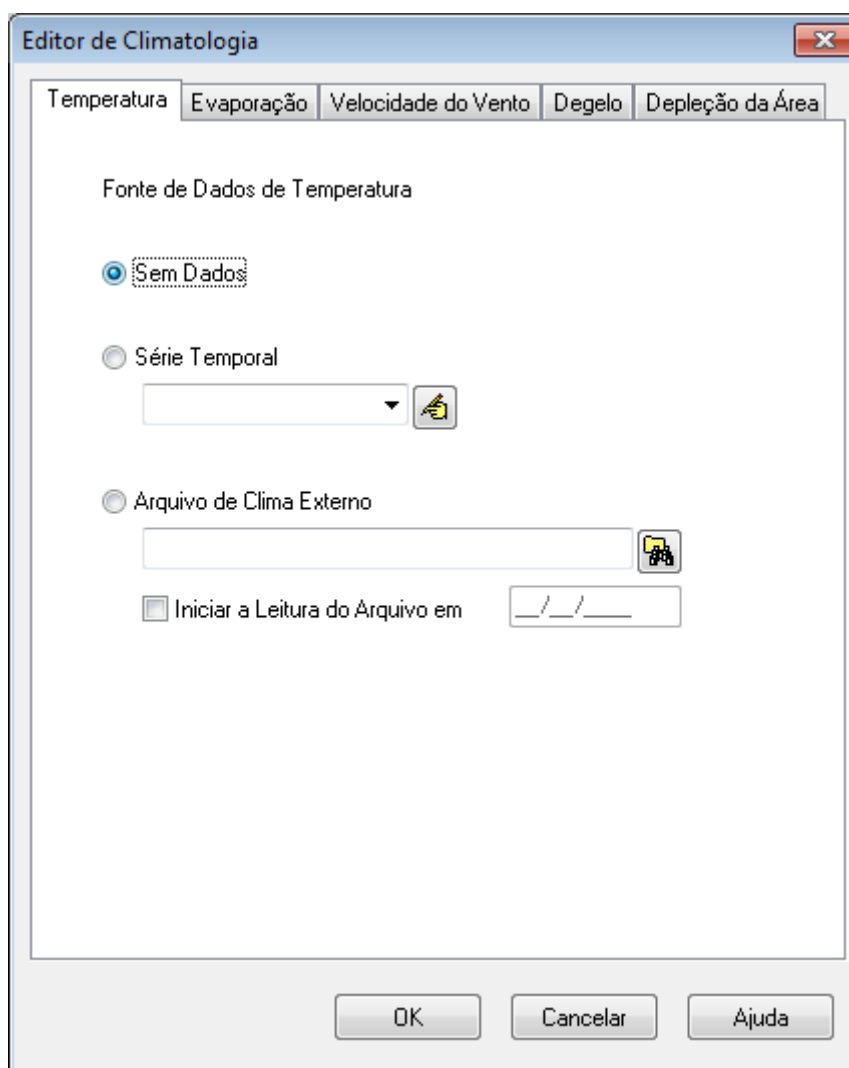




Figura C.2 – Página de Temperatura do Editor de Climatologia

- > **Sem Dados:** Selecione essa opção se o degelo não está sendo simulado e as taxas de evaporação não são baseadas em dados em um arquivo de clima.
- > **Série Temporal:** Selecione essa opção se a variação da temperatura, ao longo do período de simulação, será descrita por uma série temporal do projeto. Entrar (ou selecionar) o nome da série temporal. Clique no botão  para que o Editor de Serie Temporal apareça para a série temporal selecionada.
- > **Arquivo de Clima Externo:** Selecione esta opção se a temperatura diária mínima/máxima será lida de um arquivo externo de clima. Insira o nome do arquivo (ou clique no botão  para procurar o arquivo). Caso queira começar a ler o arquivo de clima numa data determinada, diferente da data de início da simulação (como especificada nas opções de simulação), marque a opção "Iniciar a leitura do arquivo em" e digite uma data inicial (dia/mês/ano) no campo de data ao lado. Use esta opção se você quer que as taxas de evaporação diária sejam estimadas a partir de temperaturas diárias ou sejam lidas diretamente do arquivo.

### Página de Evaporação

A página de Evaporação do Editor de Climatologia (ver Figura C.3) é utilizada para fornecer taxas de evaporação em pol/dia (ou mm/dia) para a área de estudo. Há cinco opções para especificar essas taxas:

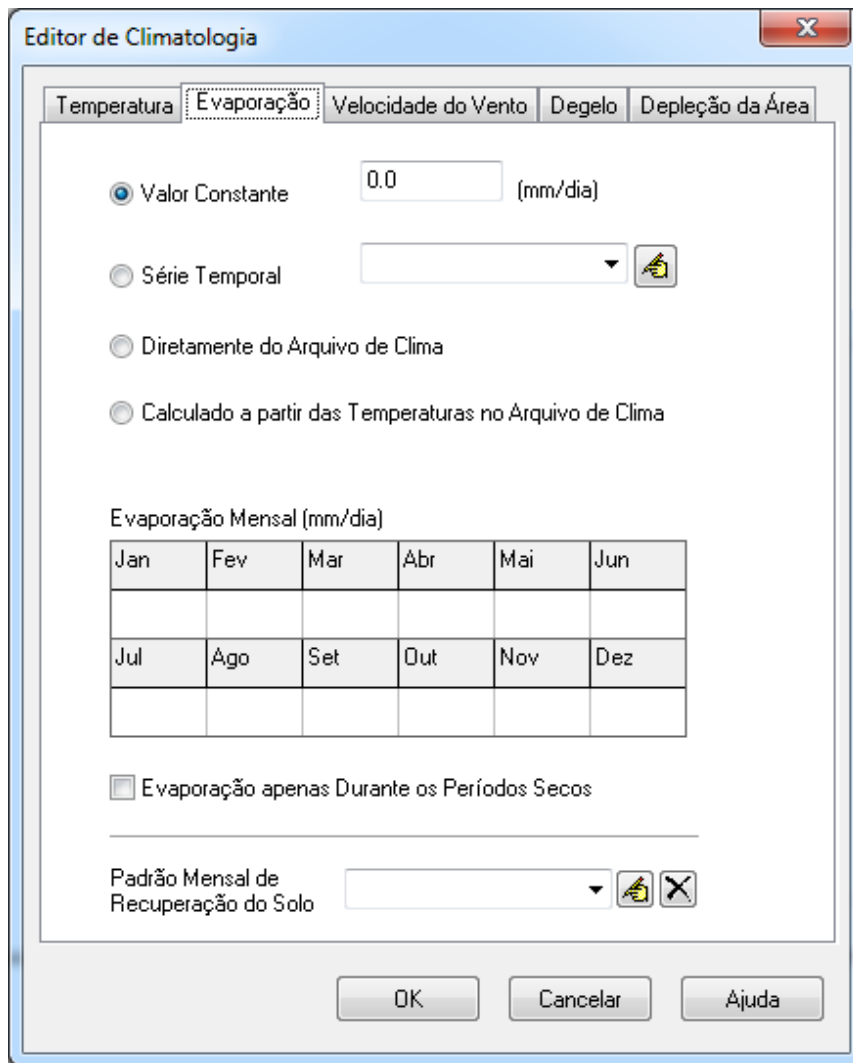




Figura C.3 – Página de Evaporação do Editor de Climatologia

- > **Valor Constante:** Use esta opção se a evaporação permanece constante ao longo do tempo. Digite o valor na caixa ao lado.
- > **Séries Temporais:** Selecione essa opção se as taxas de evaporação serão especificadas por uma série temporal. Digite ou selecione o nome da série temporal na caixa ao lado. Clique no botão  para abrir o Editor de Série Temporal com a série selecionada. Observe que para cada data especificada na série histórica, a taxa de evaporação permanece constante no valor fornecido para essa data até a data seguinte na série (ou seja, não se usa interpolação na série).
- > **Diretamente do Arquivo de Clima:** Esta opção indica que as taxas de evaporação diárias serão lidas a partir do mesmo arquivo de clima que foi especificado para a temperatura. Digite valores para os coeficientes do tanque (mensal) na tabela de dados.
- > **Calculado a partir das Temperaturas:** O método de Hargreaves será usado para calcular as taxas de evaporação diária, a partir dos registros da temperatura diária contido no arquivo de clima que foi especificado na caixa de diálogo na página de temperatura. Este método também utiliza a latitude do local, que pode ser inserida na página de degelo, mesmo se o degelo não está sendo simulado.

- > **Médias Mensais:** Utilize esta opção para fornecer uma taxa média para cada mês do ano. Digite o valor para cada mês na tabela de dados fornecida. Observe que as taxas permanecem constantes dentro de cada mês.
- > **Evaporação Apenas Durante os Tempos Secos:** Selecione esta opção se a evaporação pode ocorrer apenas durante os períodos sem precipitação.

Além disso, esta página permite que o usuário especifique um Padrão Temporal mensal opcional de recuperação da capacidade de infiltração do solo. É um padrão temporal cujos fatores ajustam a taxa de recuperação da capacidade de infiltração durante os tempos secos. É aplicável a todas as sub-bacias para qualquer método de simulação da infiltração escolhido. Por exemplo, se a taxa normal de recuperação da capacidade de infiltração for de 1% durante um período específico de tempo e o fator de padrão temporal aplicado a esse período for de 0,8, a taxa de recuperação real será de 0,8%. O padrão temporal de recuperação da capacidade de infiltração do solo permite que se considerem taxas de secagem do solo sazonais. Em princípio, a variação dos fatores deve espelhar a variação das taxas de evaporação, mas pode ser influenciada por outros fatores sazonais tais como os níveis do lençol freático. O botão  é utilizado para ativar o Editor de Padrões temporais para o padrão selecionado.

### Página de Velocidade do Vento

A página de velocidade do vento do Editor de Climatologia (ver Figura C.4) é utilizada para fornecer velocidades do vento médias mensais. Estas são utilizadas quando as taxas de degelo são determinadas em condições chuvosas. As taxas de degelo aumentam com a velocidade crescente do vento. A unidade da velocidade do vento é em milhas por hora para as unidades dos EUA e km/h em unidades métricas. Há duas opções de velocidades do vento:

- > **Do Arquivo de Clima:** A velocidade do vento será lida a partir do mesmo arquivo de clima que foi especificado para a temperatura.
- > **Médias Mensais:** A velocidade do vento é especificada como um valor médio que permanece constante em cada mês do ano. Digite um valor para cada mês na tabela de dados fornecida. Os valores pré-estabelecidos são todos iguais a zero.

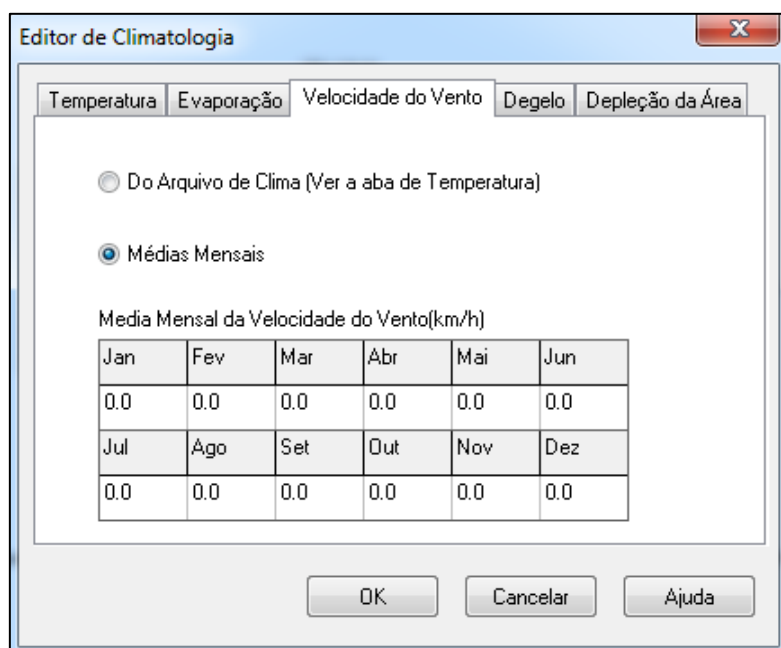
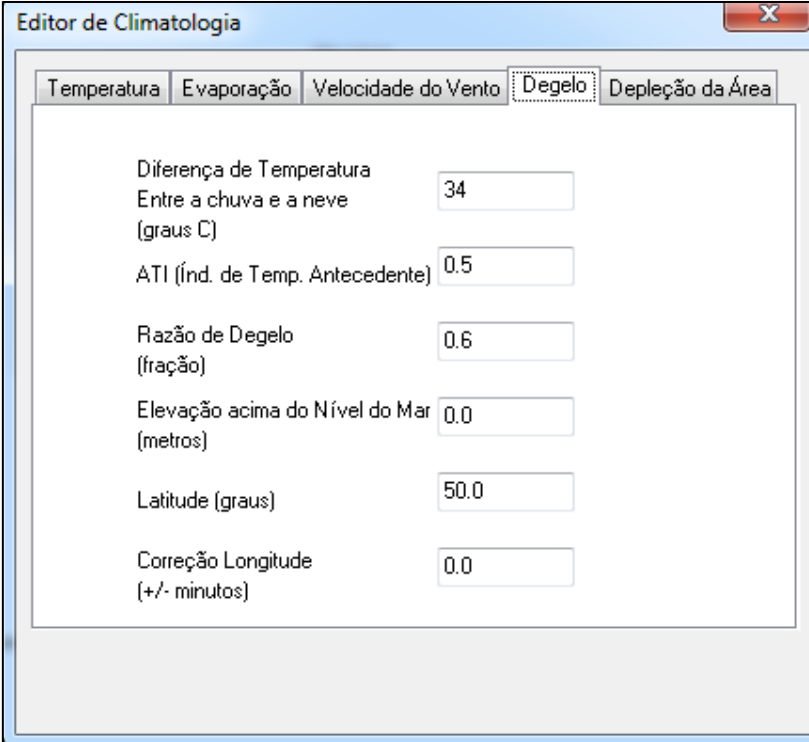


Figura C.4 – Página de Velocidade do Vento do Editor de Climatologia

## Página de Degelo

A página de Degelo do Editor de Climatologia (ver Figura C.5) é usada para fornecer valores para os seguintes parâmetros relacionados com os cálculos de degelo:



Parâmetro	Valor
Diferença de Temperatura Entre a chuva e a neve (graus C)	34
ATI (Índ. de Temp. Antecedente)	0.5
Razão de Degelo (fração)	0.6
Elevação acima do Nível do Mar (metros)	0.0
Latitude (graus)	50.0
Correção Longitude (+/- minutos)	0.0

Figura C.5 – Página de Degelo do Editor de Climatologia

- > Temperatura Limite entre Chuva e Neve. Digite a temperatura abaixo da qual precipitação cai como neve em vez de chuva. Use °F para unidades dos EUA ou °C para unidades métricas.
- > Índice de Temperatura Antecedente. Este parâmetro reflete o grau em que a transferência de calor dentro do monte de neve, durante os períodos sem degelo, é afetada pela temperatura anterior do ar. Valores menores refletem uma camada de superfície da neve mais espessa, o que resulta em taxas reduzidas de transferência de calor. Os valores devem estar entre 0 e 1, e o pré-definido é 0,5.
- > Razão de Degelo. Esta é a razão entre o coeficiente de transferência de calor do monte de neve em condições sem degelo e o coeficiente de transferência de calor em condições de degelo. Deve ser um valor entre 0 e 1. O valor pré-definido é 0,6.
- > Elevação acima do Nível do Mar. Digite a altitude média acima do nível do mar para a área de estudo, em pés ou metros. Esse valor é usado para fornecer uma estimativa mais precisa da pressão atmosférica. O pré-definido é 0,0, o que resulta em uma pressão de 29,9 polegadas de Hg. O efeito do vento sobre as taxas de degelo da neve, durante os períodos de chuva, é maior em pressões mais elevadas, que ocorrem em altitudes mais baixas.
- > Latitude. Digite a latitude da área de estudo em graus Norte. Este número é usado no cálculo das horas do nascer e do pôr-do-sol, que por sua vez são utilizadas para gerar valores contínuos da temperatura, a partir dos valores mínimos e máximos. Ela também é utilizada para calcular as taxas de evaporação diária com temperaturas diárias. O valor pré-definido é 50 graus Norte.

- > **Correção da Longitude.** Esta é uma correção, em minutos de tempo, entre a hora solar verdadeira e a hora exata do relógio. Depende da longitude ( $\theta$ ), da localidade e do meridiano referência do seu fuso horário (SM) por meio da expressão  $4(\theta - SM)$ . Esta correção é usada para ajustar as horas do nascer e do pôr-do-sol, quando se usa um gerador de temperaturas contínuas diárias a partir das temperaturas mínima e máxima. O valor pré-definido é 0.

### Página da Curva de Depleção da Superfície de Neve

A página de Curva da Depleção da Superfície de neve, do Editor de Climatologia (ver Figura C.6), é usada para especificar os pontos de curvas de Depleção da Superfície de neve para as superfícies impermeáveis e permeáveis dentro da área de estudo. Estas curvas definem a relação entre a área que fica coberta de neve e a espessura da acumulação de neve. Cada curva é definida por 10 incrementos iguais da profundidade relativa, entre 0 e 0,9. A profundidade relativa é a razão entre a profundidade atual de uma área com neve e a profundidade em que há 100% de cobertura de área.

Digite na tabela de dados fornecida, os valores da razão de cada área que permanece coberta de neve para cada profundidade relativa especificada. Os números válidos devem estar entre 0 e 1, e aumentam com o incremento da relação de profundidade.

Clicando no botão **Área Natural** a tabela é preenchida com os valores que são típicos de áreas naturais. Clicando no botão **Sem Depleção** irá preencher a tabela com todos os valores igual 1, indicando que não ocorre a depleção da área. Este é o valor pré-definido para novos projetos.

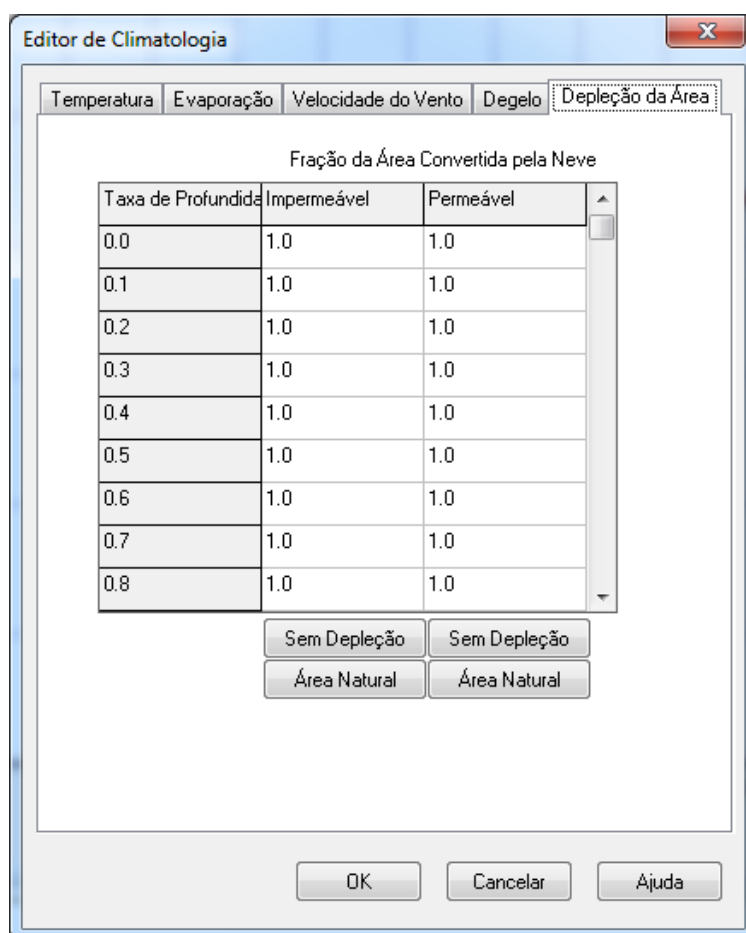


Figura C.6 –Página da Curva de Depleção da Superfície de Neve do Editor de Climatologia



### C.3 Editor de Regras de Controle

O Editor de Regras de Controle (ver Figura C.7) é solicitado sempre que uma nova regra de controle é criada ou que uma regra existente é selecionada para edição. O editor contém um campo onde todas as regras de controle são exibidas e podem ser editadas.

#### Formatação das Regras de Controle

Cada regra de controle é uma série de declarações da forma:

```
RULE ruleID
IF condition_1
AND condition_2
OR condition_3
AND condition_4
Etc.
THEN action_1
AND action_2
Etc.
ELSE action_3
AND action_4
Etc.
PRIORITY value
```

Onde as palavras-chave são apresentadas em negrito; ruleID é um texto de identificação atribuído à regra, condition\_n é uma cláusula de condição, action\_n é uma cláusula de ação, e value é o valor de prioridade (por exemplo, um número de 1 a 5). Os formatos usados para as cláusulas de condição e ação são discutidos em seguida.

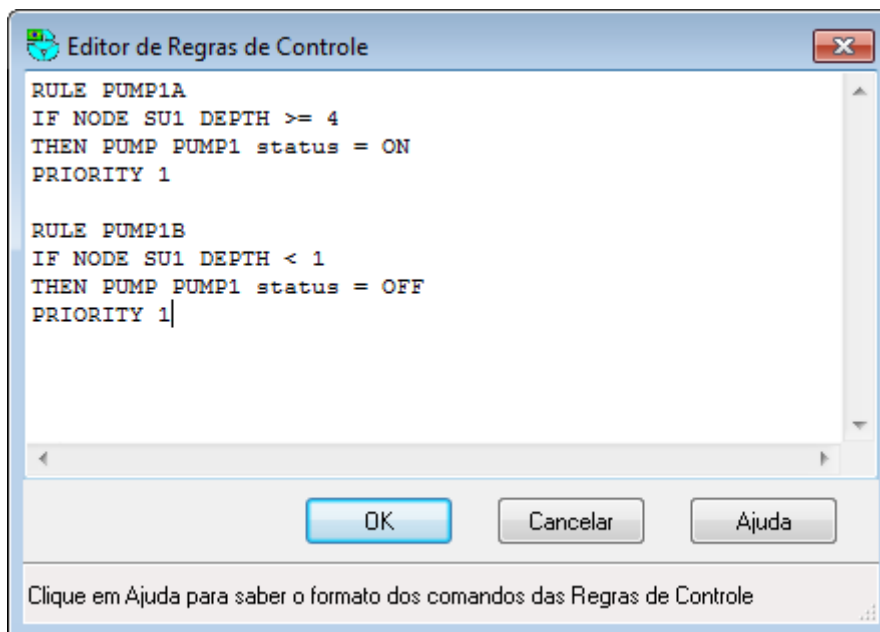


Figura C.7 – Editor de Regras de Controle

Apenas os comandos RULE, IF e THEN de uma regra são necessários; os comandos PRIORITY e ELSE são opcionais.

As linhas vazias entre as cláusulas são permitidas e qualquer texto à direita de um ponto e vírgula é considerado como um comentário.

Ao misturar as cláusulas AND e OR, o operador OR tem precedência maior do que AND, ou seja,

```
IF A or B and C
```

é equivalente a

```
IF (A or B) and C
```

Se a interpretação era para ser

```
SE A ou (B e C)
```

então este pode ser expresso utilizando duas cláusulas como em

```
IF A THEN ...
```

```
IF B and C THEN ...
```

O valor `PRIORITY` é usado para determinar qual regra se aplica quando duas ou mais regras exigem que as ações conflitantes sejam tomadas em um trecho. Uma regra sem um valor de prioridade sempre tem uma prioridade menor do que uma com um valor. Para duas regras com o mesmo valor de prioridade, a regra que aparece primeiro é dada a maior prioridade.

### Cláusulas de Condição

A cláusula de condição de uma regra de controle tem o seguinte formato:

```
object id attribute relation value
```

onde:

`object` = a categoria de um objeto

`id` = identificação ID de um objeto

`attribute` = um atributo ou propriedade de objeto

`relation` = operadores relacionais (=, <>, <, <=, >, >=)

`value` = valor do atributo

Alguns exemplos de cláusulas de condição são:

```
NODE N23 DEPTH > 10
```

```
PUMP P45 STATUS = OFF
```

```
SIMULATION CLOCKTIME = 22:45:00
```

Os objetos e atributos que podem aparecer em uma cláusula de condição são os seguintes:

Objeto	Atributo	Valor
NODE	DEPTH	valor numérico
	HEAD	valor numérico
	INFLOW	valor numérico
LINK	FLOW	valor numérico
	DEPTH	valor numérico
PUMP	STATUS	ON ou OFF
	FLOW	valor numérico
ORFICIE WEIR	SETTING	fração de abertura
SIMULATION	TIME	tempo decorrido em horas decimais ou hr:min:seg
	DATE	mês/dia/ano
	CLOCKTIME	hora do dia em hr:min:seg

## Cláusulas de Ação

Uma cláusula de ação de uma regra de controle pode ter um dos seguintes formatos:

```
PUMP id STATUS = ON/OFF
PUMP/ORIFICE/WEIR/OUTLET id SETTING = value
```

Onde o significado de SETTING depende do objeto a ser controlado:

- > para bombas, é um multiplicador aplicado no fluxo calculado a partir da curva da bomba;
- > para orifícios, é a quantidade fracionária do orifício totalmente aberto;
- > para vertedor, é a fração da crista livre que existe (ou seja, o controle do vertedor é feito movendo a altura da crista para cima ou para baixo);
- > para bocais, é um multiplicador aplicado no fluxo calculado a partir da curva da descarga.

Alguns exemplos de cláusulas de ação são:

```
PUMP P67 STATUS = OFF
ORIFICE O212 SETTING = 0.5
```

## Controles de Modulação

Controles de modulação são regras de controle que assegurem um grau de controle contínuo aplicado a uma bomba ou regulador de fluxo, em função do valor determinado de algumas variáveis do controlador, tais como, a profundidade da água em um nó, ou pelo tempo. A relação funcional entre a configuração de controle e a variável de controle pode ser especificada por meio de uma curva de controle, uma série temporal, ou um controlador PID. Alguns exemplos de regras de controle de modulação são:

```
RULE MC1
IF NODE N2 DEPTH >= 0
THEN WEIR W25 SETTING = CURVE C25

RULE MC2
IF SIMULATION TIME > 0
THEN PUMP P12 SETTING = TIMESERIES TS101

RULE MC3
IF LINK L33 FLOW <> 1.6
THEN ORIFICE O12 SETTING = PID 0.1 0.0 0.0
```

Observe como a forma da cláusula de ação é modificada quando usada para especificar o nome da curva de controle, séries temporais ou um conjunto de parâmetros PID que define o grau de controle. Um conjunto de parâmetros PID contém três valores - um coeficiente de ganho proporcional, tempo integral (em minutos), e um tempo derivado (em minutos). Além disso, por convenção, a variável de controle utilizada em uma curva de controle ou controlador PID será sempre o objeto e atributo da última cláusula de condição da regra. Por exemplo, na regra MC1 acima, curva C25 definiria como a configuração fracionada do vertedor em W25 variou com a profundidade da água no nó N2. Na regra MC3, o controlador PID ajusta a abertura do orifício O12 para manter um fluxo de 1,6 no trecho L33.

## Controladores PID

Um Controlador PID (Controle Proporcional-Integral-Derivativo) é um esquema de controle de malha-fechada genérica, que tenta manter a configuração de alguma variável do processo calculando e aplicando uma ação corretiva que ajusta o processo adequadamente. No contexto de um sistema de transmissão hidráulica, um controlador PID pode ser usado para ajustar a abertura de um orifício fechado, para manter um fluxo em um canal específico, ou para ajustar a velocidade variável da bomba para manter a profundidade desejada em um reservatório. O controlador PID clássico tem a forma:

$$m(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

onde  $m(t)$  = saída do controlador,  $K_p$  = coeficiente proporcional (ganho),  $T_i$  = tempo integral,  $T_d$  = tempo derivativo,  $e(t)$  = erro (diferença entre o valor nominal e o valor variável observada), e  $t$  = tempo. O desempenho de um controlador PID é determinado pelos valores atribuídos aos coeficientes  $K_p$ ,  $T_i$  e  $T_d$ .

A saída do controlador  $m(t)$  tem o mesmo significado de uma configuração de trecho usada na cláusula de uma regra de ação, enquanto  $dt$  é o passo de tempo em minutos utilizado no cálculo da propagação do fluxo. Como as configurações de trechos são valores relativos (em relação a uma curva de uma bomba de operação padrão ou à altura total da abertura de um orifício ou vertedor), o erro  $e(t)$  usado pelo controlador também é um valor relativo. É definido como a diferença entre o valor fixo da variável de controle  $x^*$  e seu valor no tempo  $t$ ,  $x(t)$ , normalizado para o valor fixo:  $e(t) = (x^* - x(t))/x^*$ .

Observe que para um controle de ação direta, na qual um aumento do valor especificado para o trecho provoca um aumento na variável controlada, o sinal de  $K_p$  deve ser positivo. Para um controle de ação reversa, onde a variável controlada diminui quando o valor especificado para o trecho aumenta, o sinal de  $K_p$  deve ser negativo. O usuário deve reconhecer se o controle é de ação direta ou inversa e usar o sinal apropriado de  $K_d$ . Por exemplo, ajustar uma abertura de orifício para manter um fluxo desejado a jusante é de ação direta; ajustando-se para manter um nível de água a montante é de ação inversa. Controlando uma bomba para manter um nível de água fixado seria uma ação inversa; ao usá-lo para manter um fluxo fixo a jusante é ação direta.

## C.4 Editor de Seção Transversal de Condutos

O Editor de Seção Transversal de Condutos (ver Figura C.8) é usado para especificar a forma e as dimensões da seção transversal de um conduto. Ao selecionar uma forma na caixa de combinação, um conjunto de parâmetros, que devem ser fornecidos para determinar as dimensões da seção transversal, aparecem na tela. As Dimensões de comprimento estão em unidades de pés para o sistema de unidades dos EUA e metros para unidades SI. Declividades representam proporções de distância horizontal para vertical. O campo “quantidade em paralelo” especifica quantos condutos paralelos idênticos existem entre seus nós.

Se uma seção transversal de forma irregular é escolhida, uma caixa de diálogo será exibida na qual se deve digitar ou selecionar o nome de um objeto **Seção Transversal Irregular**, que descreve a geometria da seção transversal. Clicando-se no botão Editar, próximo à caixa de edição, aparecerá o Editor de seção transversal no qual os dados da seção transversal devem ser digitados.

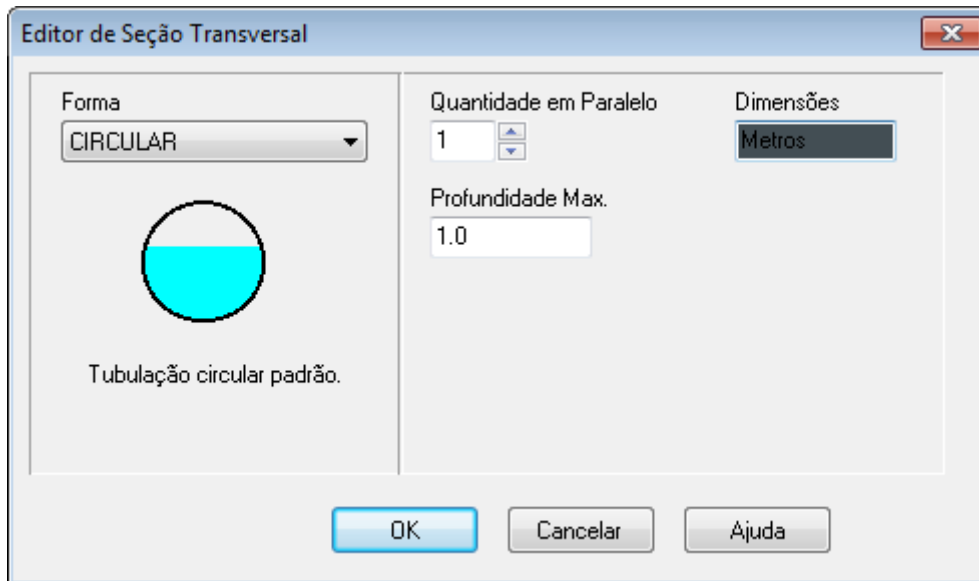



Figura C.8 – Editor de Seção Transversal de Condutos

### C.5 Editor de Curva

O Editor de Curva (ver Figura C.9) é chamado sempre que um novo objeto de Curva é criado ou um objeto de Curva existente é selecionado para edição. O editor se adapta à categoria de curva que está sendo editada (Reservatório, Marés, Derivação, Bomba ou Descarga). Para usar o Editor de Curva:

- > Insira valores dos seguintes dados nos campos de entrada:
  - *Name*: nome da curva.
  - *Type* (Somente para curvas de bomba): escolha do tipo de curva da bomba, conforme descrito na Seção 3.2
  - *Description*: comentário opcional ou descrição da curva. Clique no botão  para iniciar um editor de comentários com linhas múltiplas, se mais de uma linha é necessária.
  - *Data Grid*: os dados X, Y da curva.
- > Clique no botão **Exibir** para ver uma representação gráfica da curva traçada em uma janela separada.
- > Se as linhas adicionais são necessárias na tabela de dados, basta pressionar a tecla *Enter* quando estiver na última linha.
- > Clicando-se no Botão direito do mouse sobre a tabela de dados vai aparecer um menu suspenso. Ele contém comandos para recortar, copiar, inserir e colar as células selecionadas na tabela, bem como opções para inserir ou excluir uma linha.

Também, se pode clicar no botão **Abrir** para carregar uma curva anteriormente salva em arquivo ou clicar no botão **Salvar** para salvar os dados da curva atual para um arquivo de curva.

	Profundidade (m)	Vazão (LPS)
1	0	0.45
2	4	0.45
3	4.75	0.9
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Figura C.9 – Editor de Curvas

## C.6 Editor de Fluxo de Água Subterrânea

O Editor de Fluxo de Águas Subterrâneas (ver Figura C.10) é iniciado quando a propriedade das águas subterrâneas de uma sub-bacia está sendo editada. É utilizado para conectar uma sub-bacia tanto para um aquífero como para um nó do sistema de drenagem que troca águas subterrâneas com o aquífero. Ele também especifica os coeficientes que determinam a taxa de fluxo das águas subterrâneas entre o aquífero e o nó. Estes coeficientes ( $A1$ ,  $A2$ ,  $B2$ ,  $B1$  e  $A3$ ) aparecem na equação seguinte que calcula o fluxo das águas subterrâneas em função do nível das águas subterrâneas e de superfície:

$$Q_{gw} = A1(H_{gw} - H^*)^{B1} - A2(H_{sw} - H^*)^{B2} + A3H_{gw}H_{sw}$$

Onde:

$Q_{gw}$  = fluxo das águas subterrâneas (cfs por acre ou  $m^3s^{-1}$  por hectare)

$H_{GW}$  = altura da zona saturada acima da base do aquífero (pés ou m)

$H_{sw}$  = altura da água de superfície no nó receptor acima da base do aquífero (pés ou m)

$H^*$  = altura do radier do nó receptor acima da base do aquífero (pés ou m).

Editor de Águas Subterrâneas	
Propriedades	Valor
Nome do Aquífero	
Nó Receptor	*
Elevação da Superfície	0
Coef. do FLuxo de Águas Subterrâneas.	0
Expoente do FLuxo de Águas Subterrâneas	0
Coef. do FLuxo de Águas Superficiais.	0
Expoente do FLuxo de Águas Superficiais	0
Coef. de Interação Água Superficial-Sub	0
Profundidade da Água Superficial	0
Cota Mínima do Fluxo de Águas Subterrâneas	

Nome do objeto do aquífero que abastece as águas subterrâneas. (deixe em branco para contribuições nulas de águas subterrâneas).

OK Cancelar Ajuda

Figura C.10 – Editor de Fluxo de Água Subterrânea

A Figura C.11 mostra as variáveis citadas na equação anterior. As propriedades listadas no editor são as seguintes:

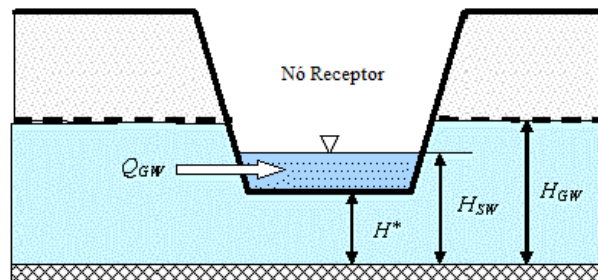


Figura C.11 – Variáveis da equação de fluxo de água subterrânea

- > Nome do Aquífero. Nome do objeto aquífero que abastece em águas subterrâneas. Deixe este campo em branco se quiser que a sub-bacia não gere qualquer fluxo para água subterrânea.
- > Nó Receptor. Nome do nó que recebe as águas subterrâneas do aquífero.
- > Cota da Superfície. Cota da superfície da sub-bacia situada acima do aquífero, em pés ou metros.
- > Coeficiente do Fluxo das Águas Subterrâneas. Valor de A1 na fórmula do fluxo das águas subterrâneas.
- > Expoente do Fluxo das Águas Subterrâneas. Valor de B1 da fórmula do fluxo das águas subterrâneas.

- > Coefficiente do Fluxo de Água Superficial. Valor de A2 na fórmula do fluxo das águas subterrâneas.
- > Expoente do Fluxo de Água Superficial. Valor de B2 na fórmula do fluxo das águas subterrâneas.
- > Coefficiente de Interação Água Superficial – Água Subterrânea. Valor de A3 na fórmula do fluxo das águas subterrâneas.
- > Profundidade da Água de Superfície. Profundidade fixa de água de superfície no nó receptor (pés ou metros) (definido como zero se a profundidade da água de superfície irá variar conforme o fluxo calculado). Esse valor é usado para calcular  $H_{sw}$ .
- > Cota Mínima de Fluxo de Águas Subterrâneas. A cota das águas subterrâneas que deve ser atingida antes da ocorrência de qualquer fluxo (pés ou metros). Deixe vazio para usar a cota do radier do nó receptor.

Os valores dos coeficientes de fluxo devem estar em unidades que são compatíveis com as unidades do fluxo das águas subterrâneas, unidades cfs/acre para as unidades dos EUA ou  $m^3s^{-1}/ha$  para as unidades métricas.

- 💡 Caso o fluxo de água subterrânea seja simplesmente proporcional à diferença na carga hidráulica das águas subterrâneas e superficiais, atribua aos expoentes de fluxo de águas subterrâneas e de águas superficiais (B1 e B2) o valor 1.0; defina o coeficiente de águas subterrâneas (A1) para o fator de proporcionalidade; o coeficiente das águas superficiais (A2) para o mesmo valor de A1, e defina o coeficiente de interação (A3) como igual a zero.
- 💡 Observe que, quando as condições o justificarem, o fluxo das águas subterrâneas pode ser negativo, simulando o fluxo do canal para o aquífero, na forma de armazenamento. Uma exceção ocorre quando  $A3 \neq 0$ , pois a interação das águas superficiais e subterrâneas é geralmente determinada a partir de modelos de fluxo das águas subterrâneas que assumem fluxo unidirecional. Caso contrário, para garantir que os fluxos negativos não ocorram, pode ser definido A1 igual ou superior a A2, B1 maior ou igual a B2, A3 e igual a zero.

## C.7 Editor de Infiltração

O Editor de Infiltração (ver Figura C.12) é usado para especificar valores para os parâmetros que descrevem a taxa de precipitação que infiltra na zona superior do solo na área permeável em uma sub-bacia. Ele é iniciado na edição das propriedades da infiltração numa sub-bacia. Os parâmetros de infiltração dependem do modelo de infiltração escolhido para o projeto: Horton, Green-Ampt, ou Curva número. A escolha do modelo de infiltração pode ser feita através do Editor de opções do projeto (ver seção 8.1) ou pela alteração das propriedades pré-definidas do projeto (ver seção 5.4).

### Parâmetros de Infiltração de Horton

Os seguintes campos aparecem no Editor de Infiltração para o modelo de Horton:

- > Taxa de Infiltração Máxima. Taxa máxima de infiltração na curva de Horton (em pol/h ou mm/h). A seguir alguns valores representativos desta taxa máxima:
  - Solos Secos (com pouca ou nenhuma vegetação):
    1. Arenosos: 5 pol/h ou 12,7 mm/h



2. Limosos: 3 pol/h ou 7,6 mm/h
  3. Argilosos: 1 pol/h ou 2,5 mm/h.
- Solos Secos (com vegetação densa):
    1. Valores do item 1 acima multiplicado com 2
  - Solos Úmidos:
    1. Solos drenados, mas não secados (por exemplo, capacidade de campo): dividir os Valores dos itens 1 ou 2 acima por 3.
    2. Solos próximos à saturação: escolha um valor perto de taxa de infiltração mínima.
    3. Solos parcialmente secos: dividir os Valores dos itens 1 ou 2 acima por 1,5 - 2,5.

Propriedade	Valor
Taxa Max. Infil.	3.0
Taxa Min. Infil.	0.5
Decaimento Cons.	4
Tempo Seco	7
Volume Max.	0

Taxa Max. para a Curva de infiltração de Horton (pol/h or mm/h)

Figura C.12 – Editor de Infiltração

- > Taxa de Infiltração Mínima. Taxa mínima de infiltração da curva de Horton (em pol/h ou mm/h). Equivalente à condutividade hidráulica do solo saturado. Veja valores típicos das características do Solo na tabela A.2 do apêndice A.
- > Coeficiente de Decaimento. Coeficiente de decaimento da Infiltração de uma curva de Horton (1/horas). Os valores típicos variam entre 2 e 7.
- > Tempo de Secagem. Tempo em dias para um solo saturado secar completamente. Os valores típicos variam de 2 a 14 dias.
- > Vol. Máx. Infiltração. Volume máximo de infiltração possível (pol ou mm, 0 se não é aplicável). Pode ser estimado como a diferença entre a porosidade do solo e o seu Ponto de Murcha, vezes a profundidade da zona de infiltração.

## Parâmetros de Infiltração de Green-Ampt

Os seguintes campos aparecem no Editor de Infiltração para o modelo de infiltração de Green-Ampt:

- > Sucção Capilar. Valor médio da sucção capilar do solo ao nível da frente de umidificação (pol ou mm).
- > Condutividade Hidráulica. Condutividade hidráulica do solo saturado (pol/h ou mm/h).
- > Déficit Inicial. Fração do volume de solo que está inicialmente seco (ou seja, a diferença entre a porosidade do solo e teor de umidade inicial). Para um solo completamente drenado, é a diferença entre a porosidade do solo e a capacidade de campo.

Os valores típicos para todos estes parâmetros podem ser encontrados na tabela das características do solo - tabela A2 do apêndice A.

## Parâmetros de Infiltração da Curva Número

Os seguintes campos aparecem no Editor de Infiltração para a infiltração com o modelo da Curva Número:

- > Curva Número. Este é o número da curva SCS, que é tabelado na publicação do SCS “*Urban Hydrology for small Watersheds*”, 2. Ed. (TR-55) de junho de 1986. Consulte a tabela de número de curva (Tabela A.4 do apêndice A) para uma lista de valores por grupos de solos e a tabela A.3 para as definições dos diversos grupos.
- > Condutividade. Esta propriedade foi preterida e não é mais usada.
- > Tempo de Secagem. O número de dias que leva um solo totalmente saturado para secar. Os valores típicos variam entre 2 e 14 dias.

## C.8 Editor de Afluências

O Editor de Afluências (ver Figura C.13) é usado para atribuir valores de afluências diretas, no tempo seco, ou RDII a um nó do sistema de drenagem. É chamado sempre que a propriedade Afluências de um objeto é selecionada no Editor de Propriedades. A caixa de diálogo consiste em três páginas que oferecem um editor especial para cada tipo de afluência.

### Afluências Diretas

A página Afluência Direta, na caixa de diálogo do Editor de Afluências, é usada para especificar o histórico do fluxo externo direto e a qualidade da água que entra em um nó do sistema de drenagem. Estes fluxos são representados por um componente constante e um componente variável no tempo, da seguinte forma:

Afluência no tempo  $t$  = (valor base) \* (fator padrão) + (fator de escala) \* (valor de série temporal no tempo  $t$ )

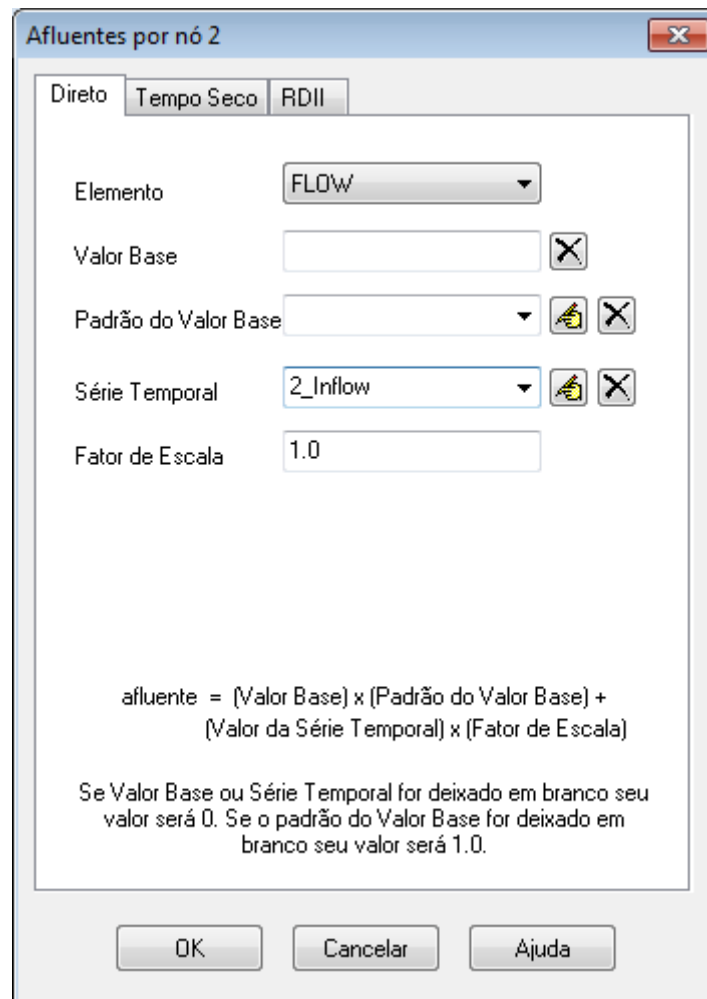




Figura C.13 – Editor de Afluência a um nó

A caixa de diálogo apresenta os seguintes campos para serem preenchidos:

- > **Elemento.** Seleciona o elemento (FLOW ou um dos agentes poluentes especificados no projeto), cuja afluência direta será descrita.
- > **Valor Base.** Especifica o valor base do elemento escolhido. Para FLOW, as unidades de fluxo são as unidades do projeto. No caso dos agentes poluentes, as unidades são unidades da concentração de poluente se o afluente é uma concentração, ou qualquer unidade de fluxo de massa se o afluente é um fluxo de massa (ver o Fator de conversão em baixo). Se for deixado vazio, nenhum valor base é considerado.
- > **Fator Padrão do Valor Base.** É um padrão temporal opcional, cujos fatores ajustam o valor base a regimes horários, diários ou mensais (dependendo do tipo de padrão temporal especificado). Clicando no botão  o Editor de padrões temporais aparecerá, para que o mesmo seja selecionado. Se deixar vazio, nenhum ajuste é feito para o valor base.
- > **Série Temporal.** Especifica o nome da série temporal que contém os dados afluentes para o elemento selecionado. Se deixado vazio, não ocorre afluência direta do elemento selecionado no nó em questão. Pode-se clicar no botão  para abrir o Editor de série temporal com a série temporal selecionada.

- > **Fator de Escala.** Um multiplicador usado para ajustar os valores da série temporal do elemento escolhido. O valor base não é ajustado por este fator. O fator de escala pode ter diversos usos, tais como permitir uma alteração direta da magnitude de um hidrograma de afluência, mantendo a sua forma, sem ter que reeditar os valores na série temporal do hidrograma. Ou ele pode ainda permitir que um grupo de nós compartilhe as mesmas séries temporais para suas afluências de forma sincronizada no tempo, mas com magnitudes individuais diferentes. Se for deixado vazio o fator de escala é 1,0.
- > **Tipo de Afluência.** Para agentes poluentes, selecione o tipo de dados de afluências contidas na série temporal, se é uma concentração (massa/volume) ou um fluxo de massa (massa/tempo). Este campo não aparece para afluência tipo FLOW.
- > **Fator de Conversão.** Um fator numérico utilizado para converter as unidades de fluxo de massa de agentes poluentes nos dados da série temporal em unidades de concentração em massa por segundo. Por exemplo, se os dados da série temporal forem em libras por dia e a concentração de agentes poluentes definidos no projeto foi mg/L, então o valor do fator de conversão seria  $(453,590 \text{ mg/lb}) / (86.400 \text{ seg/dia}) = 5,25 \text{ (mg/s) por (lb/dia)}$ .

Mais de um elemento pode ser editado, enquanto a caixa de diálogo está ativa; basta selecionar outra opção para a propriedade do elemento. No entanto, se o botão Cancelar é clicado, em seguida, todas as mudanças feitas a todos os componentes serão ignoradas.

⚠ Se um agente poluente é atribuído a uma afluência direta em termos de concentração, então é necessário também atribuir uma afluência direta para o fluxo, caso contrário nenhuma afluência de agentes poluentes irá ocorrer. Uma exceção ocorre no caso de uma saída submersa do sistema de drenagem, se agentes poluentes podem penetrar no nó de saída por meio de fluxo reverso. Se a afluência de poluentes é definida em termos de massa, então, séries temporais de afluências não são necessárias.

### Página de Afluência em Tempo Seco

A página de Afluências no Tempo Seco do Editor de Afluências (ver Figura C.14) é usada para especificar uma fonte contínua de fluxo no tempo seco que entra em um nó do sistema de drenagem. A caixa de diálogo é composta dos seguintes campos:

- > **Elemento.** Seleciona o elemento (FLOW ou um dos agentes poluentes especificados no projeto), cuja afluência no tempo seco será especificada.
- > **Valor Médio.** Especifica o valor médio (ou valor de base) da afluência no tempo seco nas unidades relevantes (unidades de vazão para fluxo, unidades de concentração para agentes poluentes). Deixe vazio se não há fluxo no tempo seco para o elemento selecionado.
- > **Padrões de Tempo.** Especificam os nomes dos padrões de tempo a serem utilizados, para permitir a variação de forma periódica do fluxo no tempo seco, quer seja por mês do ano, por dia da semana ou por hora do dia (para ambos: os dias da semana e fins de semana). Pode-se digitar um nome ou selecionar um padrão previamente definido, a partir da lista da caixa de combinação. Até quatro diferentes tipos de padrões podem ser atribuídos. Pode-se clicar no botão ao lado de cada campo de padrão de tempo para editar o padrão respectivo.

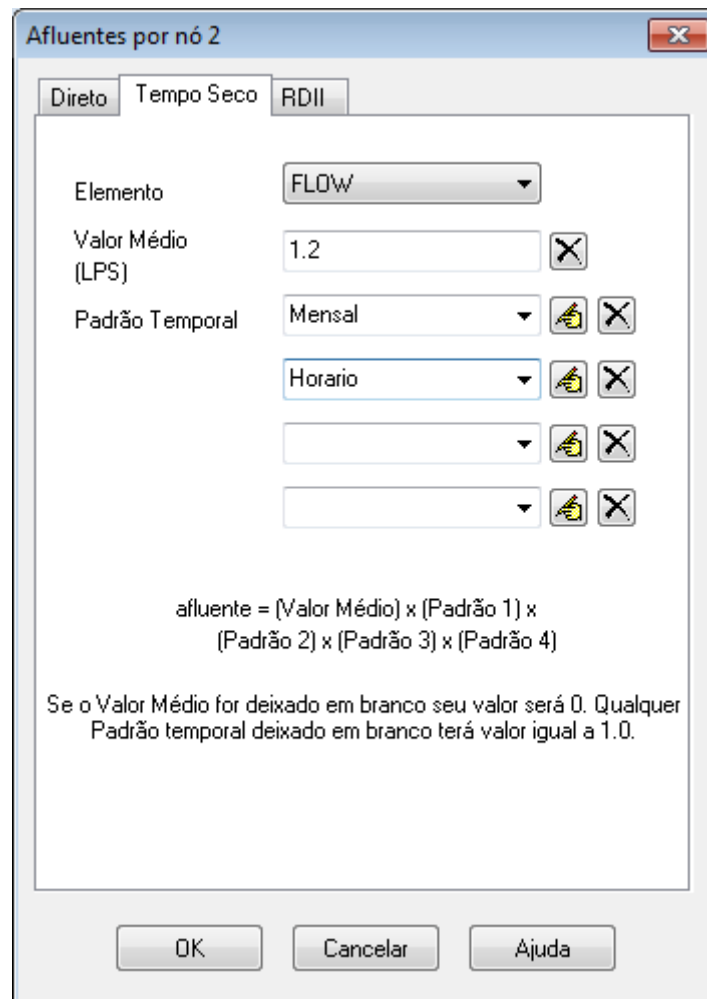



Figura C.14 – Editor de Afluência em Tempo seco

Mais de um elemento pode ser editado enquanto a janela está ativa; basta selecionar uma outra opção para a propriedade do elemento. No entanto, se o botão Cancelar é clicado, todas as mudanças feitas para todos os elementos serão ignoradas.

### Página Afluência RDII

A página RDII do Editor de Afluências (ver Figura C.15) é usada para especificar RDII (infiltrações no sistema de drenagem devido à precipitação) para o nó em questão. O editor contém os seguintes campos de entrada:

- > Grupo de Hidrograma Unitário. Entre (ou selecione na caixa de combinação) o nome do grupo de hidrogramas unitários que se aplicam ao nó em questão. O grupo de hidrogramas unitários é utilizado em combinação com o pluviômetro do grupo para desenvolver uma série temporal de afluências RDII, por unidade de área, durante o período da simulação. Deixe este campo vazio para indicar que o nó não recebe afluências RDII. Clique no botão  para iniciar o Editor do hidrograma unitário para o grupo especificado.
- > Área de Contribuição. Digite a área de contribuição (em acres ou hectares) para o RDII que contribui para o nó em questão. Note que esta área será normalmente apenas uma parte pequena, localizada na sub-bacia que contribui para o escoamento superficial para o nó.

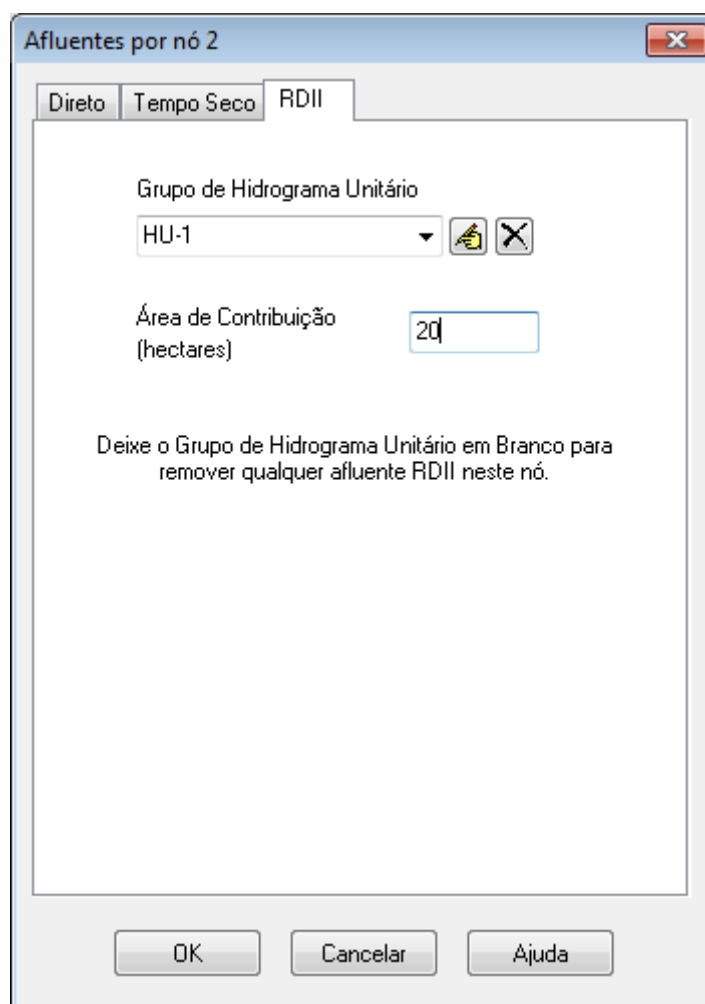


Figura C.15 – Editor de Afluência RDII

### C.9 Editor de Acumulação Inicial

O Editor de Acumulação Inicial é chamado a partir do Editor de Propriedades ao editar a propriedade da acumulação inicial de uma sub-bacia (ver Figura C.16). Ele especifica a quantidade de um agente poluente existente na sub-bacia no início da simulação. O editor é composto de uma tabela de entrada de dados com duas colunas. A primeira apresenta o nome de cada poluente no projeto e a segunda contém caixas de edição para inserir os valores da acumulação inicial. Se nenhum valor for fornecido para a acumulação inicial de um poluente, então o pré-definido é zero. As unidades são libras por acre quando as unidades americanas estão sendo aplicadas ou em quilogramas por hectare, quando as unidades do SI estão em uso.

Se um valor diferente de zero for especificado para a acumulação inicial de um poluente, este substituirá todo valor de acumulação inicial calculado a partir do parâmetro Índice de Dias Secos Antecedentes especificado na página de Datas da caixa de diálogo Opções de Simulação.

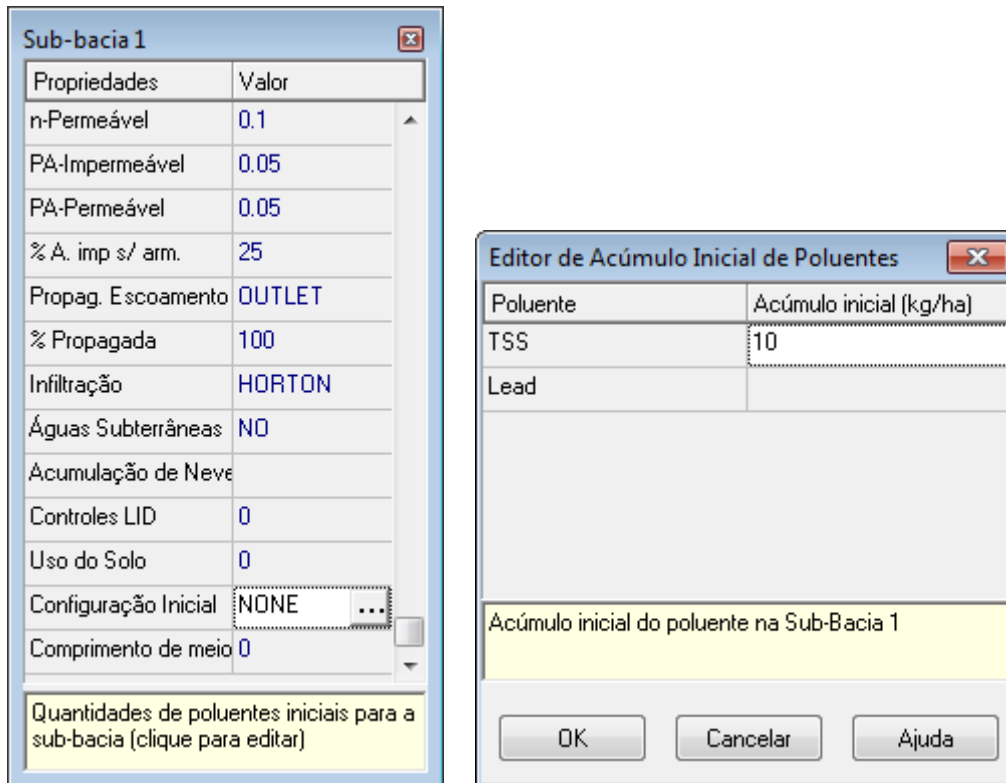


Figura C.16 – Editor de Acumulação Inicial


## C.10 Editor de Uso de Solo

O Editor de uso de solo é usado para definir uma categoria de uso de solo para a área de estudo e definir as características de acumulação e de lixiviação dos seus agentes poluentes. A janela contém três páginas de propriedades de uso de solo:

- > Página geral (com o nome do tipo de uso do solo e parâmetros de limpeza das ruas).
- > Página acumulação (define a taxa da acumulação dos agentes poluentes).
- > Página lixiviação (define a taxa de lixiviação dos agentes poluentes).

### Página Geral

A página Geral do Editor de Uso de Solo (ver Figura C.17) descreve as seguintes propriedades de uma determinada categoria de uso de solo:

- > Nome do Uso do Solo. O nome atribuído ao uso de solo.
- > Descrição. Um comentário opcional ou uma descrição do uso de solo (clique no botão  ou pressione *Enter* para editar).
- > Intervalo de Limpeza de Rua. Número de dias entre as limpezas das ruas para a categoria de uso de solo.
- > Fração de Remoção por Limpeza de Rua. Fração da quantidade acumulada de agentes poluentes que pode ser removida com a limpeza das ruas.
- > Última Varrição. Número de dias desde a última varrição, contados do início da simulação.

Se a varrição de ruas não se aplica ao uso do solo, as últimas três propriedades podem ser deixadas vazias.

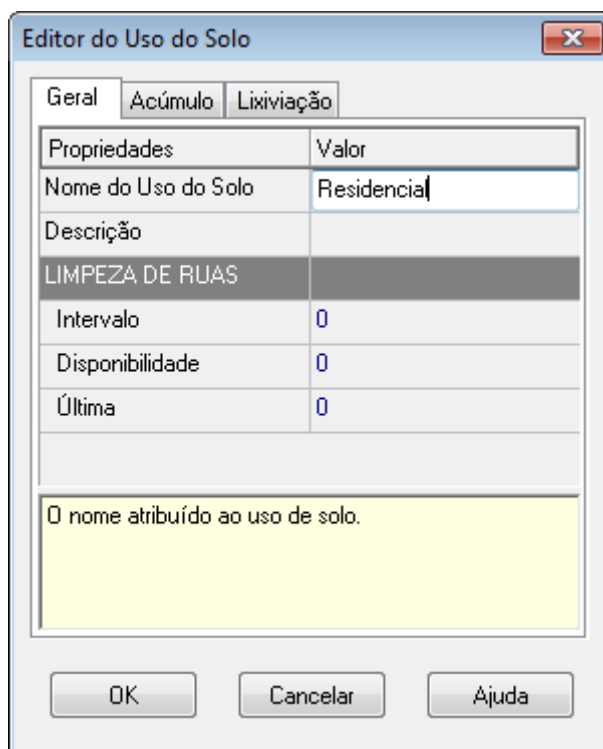


Figura C.17– Página Geral do Editor de Uso do Solo

### Página Acumulação

A página de Acumulação, do Editor de Uso de Solo (ver Figura C.18), descreve as propriedades associadas à acumulação de agentes poluentes para a categoria de uso de solo durante os tempos secos. Consistem em:

- > Agentes Poluentes. Selecione o agente poluente cuja propriedade está sendo editada.
- > Função. O tipo de função de acumulação usado para o agente poluente. As opções são NONE para nenhuma acumulação, POW para a acumulação descrita por uma função potência, EXP para a acumulação descrita por uma função exponencial, SAT para a acumulação descrita por uma função de saturação, e EXT para a acumulação descrita por uma série temporal fornecida. Veja o item sobre Acumulação de agentes poluentes na seção 3.3.9 para obter explicações sobre estas diferentes funções. Selecione NONE se não ocorre acumulação.
- > Acumulação Máxima. Acumulação máxima que pode ocorrer, expressa em libras (ou kg), do agente poluente por unidade da variável normalizadora (mais informações a seguir). Este é o mesmo que o coeficiente C1 utilizado nas fórmulas de acumulação discutidas na seção 3.3.9.

As duas propriedades seguintes se aplicam às funções de acumulação POW, EXP e SAT:

- > Taxa Constante. Constante de tempo que controla a taxa de acumulação de agentes poluentes. Este é o coeficiente C2 nas funções de acumulação potencial e exponencial discutidas na Seção 3.3.9. Para a acumulação potencial, as unidades são massa/dia elevado a uma potência, enquanto que para a acumulação exponencial as unidades são 1/dia.



- > Potência/Constante de Saturação. O expoente C3 utilizado na equação de acumulação de agente poluente, ou a metade da constante de saturação C2, usado na equação de saturação discutida na seção 3.3.9. No último caso, as unidades são dias.

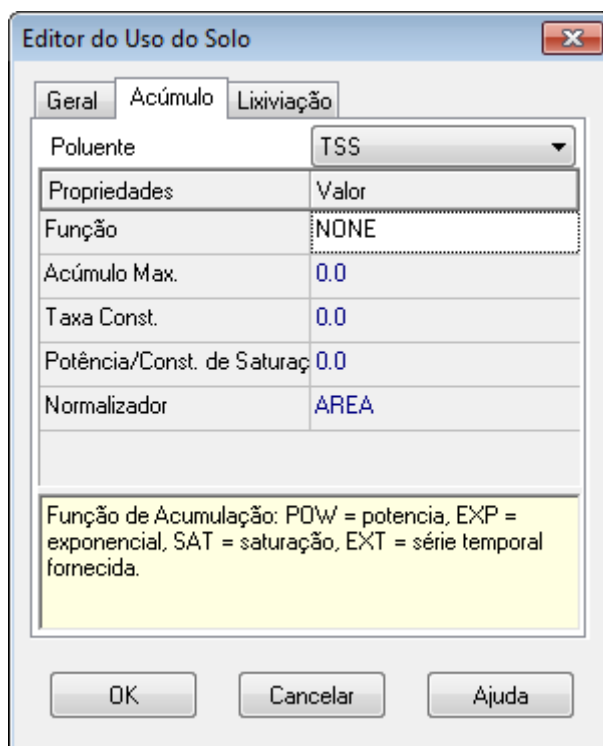


Figura C.18 – Página de Acumulação do Editor de Uso do Solo

As duas propriedades seguintes aplicam-se à opção EXT (serie temporal externa):

- > Fator de Escala. Um multiplicador usado para ajustar as taxas de acumulação da série temporal.
- > Serie Temporal. O nome da série temporal que contém as taxas de acumulação de agente poluente (em unidades de massa pelo normalizador por dia).
- > Normalizador. A variável pela qual o valor da acumulação é normalizado. Pode se escolher entre a área superficial (em acres ou hectares) e o comprimento do meio fio. Todas as unidades de medida podem ser usadas para o comprimento do meio fio desde que permanecem as mesmas para todas as sub-bacias no projeto.

Quando existem vários agentes poluentes, o usuário deve selecionar cada agente poluente separadamente da lista de agentes poluentes na caixa de combinação e especificar suas propriedades relativas à taxa de acumulação.

### Página Lixiviação

A página Lixiviação do Editor de Uso do Solo (ver Figura C.19) descreve as propriedades associadas à lixiviação de agentes poluentes durante os eventos de chuva. Consistem em:

- > Agentes Poluentes. O nome do agente poluente cujas propriedades de lixiviação estão sendo editadas.
- > Função. A escolha da função da lixiviação usada para o agente poluente. As opções são:
  - NONE: sem lixiviação

- EXP: lixiviação exponencial
- RC: curva de lixiviação
- EMC: lixiviação com concentração média.

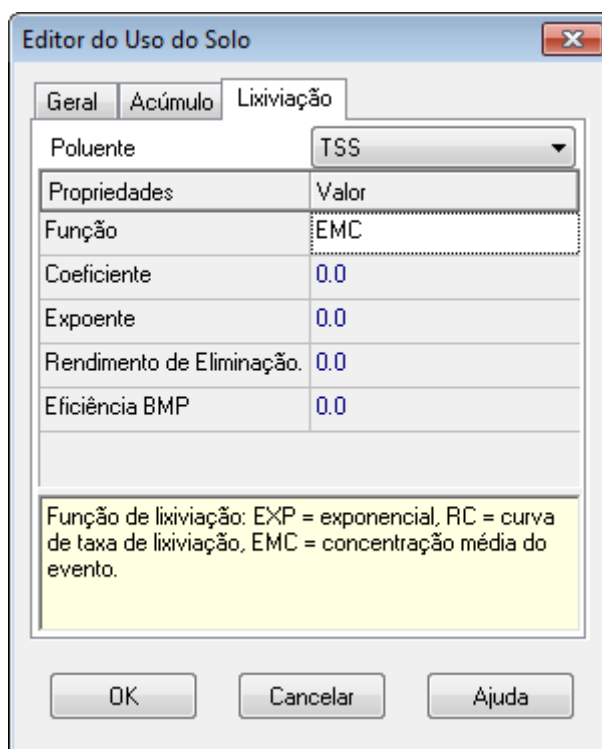


Figura C.19 – Página de Lixiviação do Editor de Uso do Solo

A fórmula para cada uma dessas funções é discutida na seção 3.3.9 no tópico lixiviação de agentes poluentes.

- > Coeficiente. Este é o valor de C1 na fórmula exponencial e na curva de taxa de lixiviação ou na concentração média do evento.
- > Expoente. O expoente utilizado nas fórmulas exponencial e da curva da taxa de lixiviação.
- > Rendimento de Limpeza. Trata-se do coeficiente de rendimento de remoção de agentes poluentes nas ruas (em porcentagem). Ele representa a fração removível da quantidade total de agente poluente por tipo de uso do solo definido na página Geral do Editor, a qual é efetivamente removida.
- > Eficiência BMP. Trata-se de um coeficiente de remoção de agente poluente, em porcentagem, devida à adoção de tecnologia de prática de boa gestão (BMP). A carga de lixiviação calculada a cada passo de tempo é simplesmente reduzida proporcionalmente a este coeficiente.

Como acontece na página de acumulação, cada agente poluente deve ser selecionado, por sua vez, na lista de poluentes na caixa de combinação e têm suas propriedades de lixiviação pertinentes definidas.

### C.11 Editor de Ocupação de Solo

O editor de Ocupação de Solo (ver Figura C.20) é inicializado a partir do Editor de Propriedades quando as propriedades de ocupação de solo de uma sub-bacia são editadas.

A finalidade é de especificar a categoria da ocupação de solo de uma sub-bacia para simulações de qualidade de água. O percentual de área para cada uso do solo na sub-bacia está inserido ao lado de sua respectiva categoria de ocupação de solo. Se a ocupação do solo não está presente, o seu campo pode ser deixado vazio. As porcentagens inseridas não têm que, necessariamente, somar 100%.

Uso do Solo	% da Área
Residencial	50
SOcupacao	50

Figura C.20 – Editor de Ocupação do Solo

## C.12 Editor de Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID)

O Editor de Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID) – ver Figura C.20 - é usado para definir controles por dispositivos de baixo impacto que podem ser implantados numa área de estudo para armazenar, infiltrar e evaporar a água escoada na superfície da sub-bacia. O dispositivo de controle é projetado por unidade de área, de modo que ele pode ser colocado em qualquer número de sub-bacias em diferentes tamanhos ou números de repetições. O editor contém os seguintes campos de entrada:

- > Nome do Controle. Um nome usado para identificar o controle LID.
- > Tipo LID. O tipo genérico do LID definido (Bacias de filtração, Trincheiras de infiltração, Pavimentos Permeáveis, Cisternas, ou Vales de Infiltração).
- > Camadas de Processo. É um conjunto de abas que contém campos de informações a serem inseridas, para as diversas camadas do perfil vertical e o dreno de profundidade que compõem um controle LID. Dependendo do tipo de LID selecionado, são incluídas uma combinação das seguintes camadas: camada superficial, camada de pavimentação, camada de solo, camada de armazenamento e o sistema de dreno profundo.

A página Camada Superficial do Editor LID é usada para descrever as propriedades de superfície de bacias de filtração, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis e vales de infiltração. Essas propriedades são:

- > Profundidade de Armazenamento. Quando muros confinantes ou taludes estão presentes, esta é a profundidade máxima que a água pode acumular acima da superfície, antes da ocorrência do transbordamento (em polegadas ou mm). Para LID's sujeitos a escoamentos à superfície é a altura de qualquer armazenamento

em depressão superficial. Para vales de infiltração, é a altura de sua seção transversal trapezoidal.

- > Fração de Cobertura Vegetal. A fração da área de armazenamento acima da superfície que está coberta de vegetação.
- > Rugosidade Superficial. Coeficiente de rugosidade “n” de Manning para o escoamento superficial sobre a superfície do pavimento permeável ou do vale de infiltração. Use 0 para outros tipos de LID.
- > Declividade de Superfície. Declividade da superfície do pavimento permeável ou do vale de infiltração (por cento). Use 0 para outros tipos de LID.
- > Declividade das Paredes Laterais. Declividade (coeficiente angular) das paredes laterais da seção transversal de um vale de infiltração. Este valor é ignorado por outros tipos de LID.

Figura C.21 – Editor de Controles por Dispositivos de Baixo Impacto (LID)

- 💡 Caso o valor da rugosidade superficial ou o valor da declividade de superfície seja 0, a água empoçada que exceda a profundidade de armazenamento será totalmente escoada em um único passo de tempo.

A página da Camada de Pavimento do Editor LID fornece os valores para as seguintes propriedades de um LID tipo pavimento poroso:

- > Espessura. A espessura da camada de pavimento (pol ou mm). Os valores típicos são 4 a 6 polegadas (100 a 150 mm).
- > Índice de Vazios. O volume de vazios em relação ao volume de sólidos no pavimento poroso para sistemas contínuos ou para o material de enchimento utilizado em sistemas modulares. Os valores típicos para os pavimentos são 0,12-0,21. Note que a porosidade = Índice de vazios / (1 + Índice de vazios).
- > Fração da Superfície Impermeável. Relação do material impermeável sobre a área total no caso de sistemas modulares; 0 para sistemas contínuos de pavimento permeável.
- > Permeabilidade. Permeabilidade do concreto ou asfalto utilizado em sistemas contínuos ou a condutividade hidráulica do material de preenchimento (cascalho ou areia) utilizado em sistemas modulares (in/h ou mm/h). A permeabilidade do concreto ou de asfalto novo é muito elevada (por exemplo, centenas de in/h), mas pode cair ao longo do tempo devido ao entupimento por partículas finas no escoamento superficial (veja colmatação abaixo).
- > Fator de Colmatação. Número necessário para colmatar completamente os espaços vazios na camada de pavimento com o escoamento tratado. Use um valor igual 0 para ignorar a colmatação. A colmatação reduz progressivamente a permeabilidade do pavimento em proporção direta com o volume acumulado de escoamento tratado.

Conhecendo o número de anos necessários para colmatar totalmente o sistema ( $Y_{clog}$ ), o Fator de colmatação pode ser calculado como:  $Y_{clog} * P_a * C_R * (1 + V_R) * (1 - ISF) / (T * V_R)$ , onde  $P_a$  é a quantidade de chuva anual sobre o local,  $C_R$  é a taxa de captação do pavimento (área que contribui com escoamento para o pavimento dividido pela área do pavimento em si),  $V_R$  é o Índice de vazios do sistema,  $ISF$  é a fração de superfície impermeável e  $T$  é a espessura da camada do pavimento.

Por exemplo, suponha que são necessários cinco anos para colmatar um sistema contínuo de pavimento permeável que serve uma área onde a precipitação anual é de 36 pol/ano. Se a espessura da calçada é de 6 centímetros, tem um índice de vazios de 0,2 e captura o escoamento apenas de sua própria superfície, então o fator de colmatação é de  $5 \times 36 \times (1 + 0,2) / 6 / 0,2 = 180$ .

A página da Camada de Solo do Editor LID descreve as propriedades da mistura do solo usado no LID de tipo Bacias de Filtração. As propriedades são:

- > Espessura. Representa a espessura da camada de solo (pol ou mm). Os valores típicos variam de 18 a 36 polegadas (450 a 900 mm) para jardins, canteiros verdes da rua e outros tipos de bacias de filtração, mas apenas 3 a 6 polegadas (75 a 150 mm) para os telhados verdes.
- > Porosidade. Trata-se do volume de poros em relação ao volume total de solo (como uma fração).
- > Capacidade de Campo. Razão do volume de água nos poros, pelo volume total do solo, após este ter sido totalmente drenado naturalmente. Abaixo do teor de umidade correspondendo à capacidade de campo, não ocorre drenagem vertical de água através da camada de solo.
- > Ponto de Murcha. Razão do volume de água nos poros de um solo relativamente seco, isto é quando a água residual da matriz porosa não pode ser extraída pelas

raízes das plantas, pelo volume total do solo. O teor de umidade do solo não pode cair abaixo desse limite.

- > Condutividade Hidráulica. Condutividade hidráulica do solo completamente saturado (pol/h ou mm/h).
- > Declividade da Condutividade Hidráulica. Inclinação média da curva do log da condutividade versus o teor de umidade do solo (adimensional). Os valores típicos variam de 5 para areia a 15 para a argila siltosa.
- > Potencial Matricial. Valor médio do potencial matricial do solo na frente de umedecimento (pol ou mm). Este é o mesmo parâmetro utilizado no modelo de infiltração Green-Ampt.

⚠ Porosidade, capacidade de campo, condutividade hidráulica e declividade da curva de condutividade hidráulica são as mesmas propriedades do solo usadas para os objetos aquíferos na modelagem de águas subterrâneas, enquanto o potencial matricial é o mesmo parâmetro utilizado no modelo de infiltração de Green-Ampt. No entanto, aqueles se aplicam a uma mistura de solo especialmente preparada para ser usada em uma unidade de LID, em vez do solo natural do sítio.

A página da Camada de Armazenamento do Editor LID descreve as propriedades da camada de brita ou cascalho, usada como armazenamento de fundo ou camada de drenagem, nas bacias de infiltração, nos sistemas de pavimentos permeáveis e nas trincheiras de infiltração. É também usada para especificar a altura de uma cisterna. Os campos de dados são:

- > Altura. É a altura de uma cisterna ou a espessura de uma camada de cascalho (polegadas ou mm). A espessura das camadas de brita e de cascalho é tipicamente de 6 a 18 polegadas (150 a 450 milímetros), enquanto uma cisterna para uma única família varia na altura de 24-36 polegadas (600 a 900 mm).

Os campos de dados a seguir não se aplicam às cisternas.

- > Índice de Vazio. Volume de espaço vazio em relação ao volume de sólidos na camada. Os valores normais variam de 0,5 a 0,75 para camadas de cascalho. Note que a porosidade = Índice de vazio/(1+Índice de vazio).
- > Taxa de Filtração. Taxa máxima que a água pode ser drenada para fora da camada de fundo após esta ter sido construída pela primeira vez (pol/h ou mm/h). Os valores típicos para cascalhos são de 10 a 30 pol/h (250 a 750 mm/h). Se a camada de fundo contém uma camada de areia abaixo dela, a condutividade da areia deve ser usada. Se existe um piso ou forro impermeável abaixo da camada, utiliza-se o valor 0. A taxa de infiltração real através do fundo será o menor valor entre esta taxa e a taxa normal de infiltração no solo abaixo da camada.
- > Fator de Colmatação. Número necessário para colmatar completamente os espaços vazios na camada de pavimento com o escoamento tratado. Use um valor igual 0 para ignorar a colmatação. A colmatação reduz progressivamente a permeabilidade do pavimento em proporção direta com o volume acumulado de escoamento tratado; só deve ser usado para trincheiras de infiltração com fundo permeável e sem drenos.

As camadas de armazenamento do tipo LID podem conter um sistema opcional de dreno profundo que recolhe a água armazenada na parte inferior da camada e a transporta para um bueiro convencional. A página **Dreno Profundo** do Editor de LID descreve as propriedades deste sistema. Os campos de entrada são os seguintes:

- > Coefficiente de Drenagem e Expoente de Drenagem. O coeficiente  $C$  e o expoente  $n$  são necessários para determinar a densidade de fluxo através do dreno profundo em função da altura da água armazenada acima da altura de drenagem. A equação seguinte é usada para calcular essa densidade de fluxo (fluxo por unidade de área da unidade de LID):

$$q = C(h - H_d)^n$$

Onde  $q$  é a descarga (pol/h ou mm/h),  $h$  a altura da água armazenada (pol ou mm) e  $H_d$  é a altura de drenagem. Se a camada não tem um dreno profundo, defina  $C$  igual a 0. Um valor típico para  $n$  seria 0,5 (tornando a drenagem agindo como um orifício). A estimativa para  $C$  pode ser baseada no tempo  $T$  necessário para drenar uma profundidade da água armazenada  $D$ . Para  $n = 0,5$ ,  $C = 2D^{1/2}/T$ .

- > Cota de Referência de Dreno. Altura  $H_d$  de qualquer tubulação de dreno profundo acima do fundo da camada de armazenamento ou da cisterna (pol ou mm).
- > Tempo de Espera de Dreno (Apenas para Cisternas). Número de horas que deve ser esperado após a chuva para que se abra o dreno da cisterna. O dreno da cisterna é considerado fechado logo no início da chuva. Este parâmetro é ignorado por outros tipos de LID.

### C.13 Editor de Grupo de Controles LID

O Editor de Grupo de Controles **LID** (ver Figura C.22) aparece quando a propriedade de LID de uma sub-bacia é selecionada para edição. Ele é utilizado para identificar um grupo de controles LID, dentre daqueles previamente definidos, colocá-lo em uma sub-bacia, dimensionar cada controle, e fornecer a porcentagem do escoamento das parcelas sem dispositivos LID da cada sub-bacia que cada controle tratará.

O editor exibe o grupo de dispositivos LIDs colocados na sub-bacia, juntamente com botões para adicionar uma nova unidade de LID, editar uma unidade selecionada e excluir uma unidade selecionada. Essas ações também podem ser escolhidas pelas teclas **Insert**, **Enter**, e **Delete**, respectivamente. Selecionando-se os botões **Adicionar** ou **Editar**, o Editor de Uso de LID aparecerá, onde é possível entrar valores para os campos exibidos no Editor de Grupo.


Note que o percentual total da área, para todas as unidades de LID em uma sub-bacia, não pode exceder 100%. O mesmo se aplica para porcentagens impermeáveis. Consulte o Editor de Uso de LID para o significado desses parâmetros.

### C.14 Editor de Uso de Controles LID

O Editor de Uso de LID (ver Figura C.23) é solicitado a partir do Editor de Grupo em uma sub-bacia para especificar como um controle LID particular será implantado dentro da sub-bacia. Os campos de entrada são os seguintes:

- > Nome do Controle. O nome de um controle LID previamente definido para ser usado na sub-bacia (controles LID são adicionados a um projeto usando o navegador de dados).
- > Número de Unidades Repetidas. O número de unidades de LID de mesmo tamanho (por exemplo, o número de cisternas) implantado na sub-bacia.



- > Área de Cada Unidade. A área de cada unidade de controle LID (pés quadrados ou metros quadrados). Se a caixa de seleção **LID ocupa a sub-bacia completamente** é marcada, este campo fica desativado e vai exibir a área da sub-bacia total dividida pelo número de unidades replicado (veja Seção 3.3.14 para as opções de colocação LIDs dentro da sub-bacia). O rótulo abaixo deste campo indica a quantidade da área total da sub-bacia dedicada ao LID que está sendo implantado.
- > Largura Superior do Escoamento Superficial. A largura da face de saída de cada unidade idêntica de LID (em pés ou metros). Este parâmetro somente se aplica aos controles LIDs como pavimento permeável e vales de infiltração, os quais usam o escoamento superficial para transportar água fora da unidade (os LIDs, tais como bacias de filtração e trincheiras de infiltração simplesmente despejam o escoamento capturado em excesso sobre as suas margens).
- > % Inicialmente Saturado. Para bacias de filtração este é o percentual em que o solo da unidade é inicialmente preenchido com água (0% de saturação corresponde ao teor de umidade do ponto de murcha permanente, 100% de saturação é o teor de umidade igual à porosidade). A zona de armazenamento do solo abaixo da bacia de filtração é assumida completamente seca. Para outros tipos de LIDs, corresponde ao grau em que a sua zona de armazenamento é inicialmente preenchida com água.
- > % Impermeável da Área Tratada. Percentual de área impermeável da parcela sem LID na sub-bacia, cuja vazão é tratada pelo controle LID. Por exemplo, se as cisternas são usadas para capturar o escoamento do telhado e a cobertura representa 60% da área impermeável, então a área impermeável tratada é de 60%. Se a unidade LID trata apenas a chuva direta, como um telhado verde, então esse valor deve ser 0. Se o LID toma a sub-bacia inteira, então este campo é ignorado.
- > Enviar Escoamento para a Área Permeável. Selecione esta opção se a descarga do LID é devolvida à área permeável da sub-bacia, em vez de ir para a saída da sub-bacia. Um exemplo onde isso pode ocorrer é uma cisterna, cuja água é usada para irrigar uma área gramada. Este campo é ignorado se o LID ocupa a sub-bacia inteira.
- > Arquivo do Relatório Detalhado. Nome de um arquivo opcional com os resultados detalhados da série temporal para o LID. Clique no botão procurar  para selecionar um arquivo usando a caixa de diálogo padrão do Windows para Salvar ou clique no botão **Excluir** para remover quaisquer relatórios detalhados. O arquivo de relatório detalhado será um arquivo de texto delimitado com tabuladores que pode ser facilmente aberto e visualizado com qualquer editor de texto ou planilha eletrônica (como o Microsoft Excel), fora de SWMM.



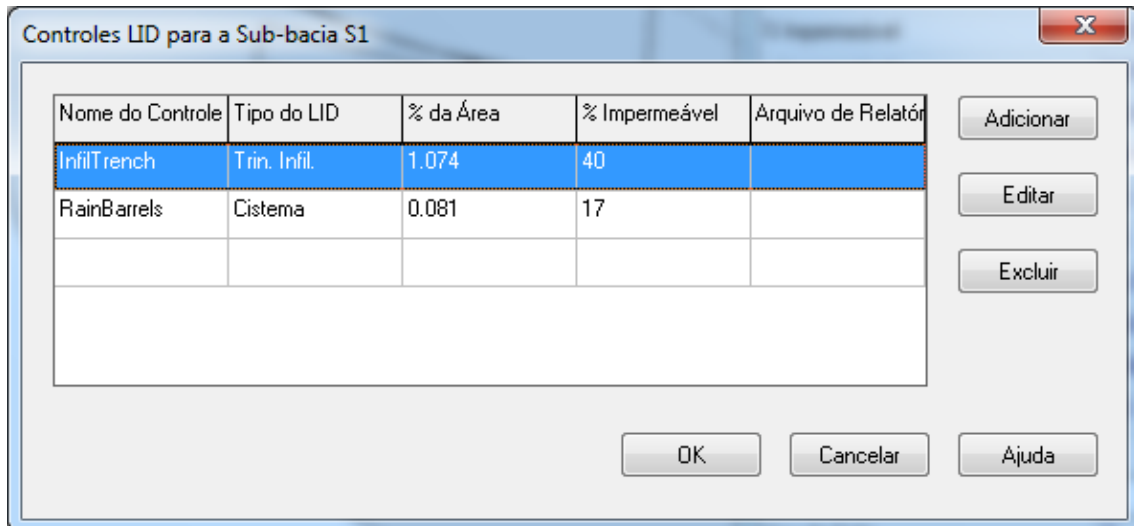


Figura C.22 – Editor de Grupo de Controles LID Aquífero

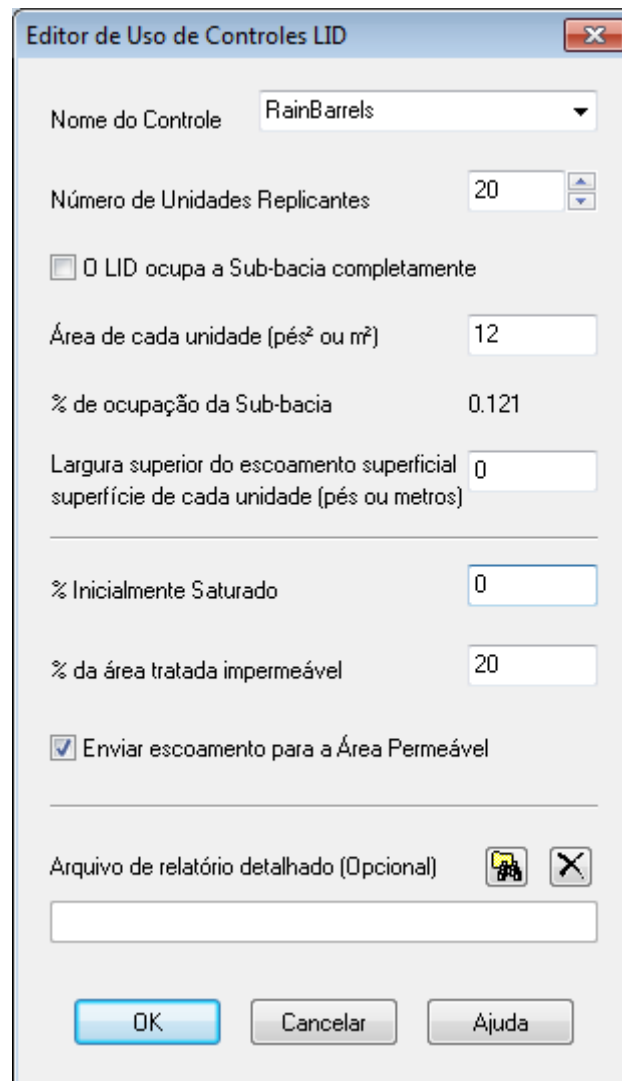


Figura C.23 – Editor de Uso de Controles LID

## C.15 Editor de Agentes Poluentes

O Editor de Agentes Poluentes (ver Figura C.24) é chamado quando um novo objeto **agente poluente** é criado ou um agente poluente existente é selecionado para edição. Ele contém os seguintes campos:

- > Nome. Nome atribuído a esse agente poluente.
- > Unidades. Unidades da concentração do poluente (mg/L, ug/L, ou #/L (contagens/L)).
- > Concentração na Precipitação. Concentração do poluente na água da chuva (unidades de concentração).
- > Concentração na Água Subterrânea. Concentração do poluente na água subterrânea (unidades de concentração).
- > Concentração na Infiltração e na Afluência. Concentração do poluente em qualquer Afluência/Infiltração (unidades de concentração).
- > Concentração nas Águas Residuárias. Concentração do agente poluente no fluxo de águas residuárias no tempo seco (unidades de concentração). Este valor pode ser anulado por qualquer nó específico do sistema de transporte editando as propriedades das afluências ao nó.
- > Coefficiente de Decaimento. Coeficiente de decaimento de primeira ordem do agente poluente (1/dias).

Propriedades	Valor
Nome	Lead
Unidades	UG/L
Concen. Chuva	0.0
Concen. Água Sub	0.0
Concen. RDII	0.0
Concen. DWF	0.0
Coeff. Decaimento	0.0
Apenas Neve	NO
Co-Polvente	TSS
Co-Fração	0.25

Nome atribuído ao Poluente.

OK Cancelar Ajuda

Figura C.24 – Editor de Agentes Poluentes

- > Apenas Neve. YES se o acúmulo de poluentes ocorre somente quando há cobertura de neve, caso contrário NO (o pré-definido é NO).

- > Copoluente. Nome de outro poluente cuja concentração no escoamento tem influência para a concentração do agente poluente considerado.
- > Cofração. Razão da concentração do copoluento no escoamento superficial que contribui para a concentração do poluente considerado.

Um exemplo de uma relação de copoluento seria o caso em que a concentração de um determinado metal pesado no escoamento superficial é uma fração fixa da concentração de sólidos em suspensão do escoamento superficial. Neste caso, sólidos em suspensão serão declarados como o copoluento para o metal pesado.

## C.16 Editor de Acumulação de Neve

O Editor de Acumulação de Neve é chamado quando um novo objeto **Acumulação de Neve** é criado ou uma Acumulação de Neve existente é selecionada para edição. O editor contém um campo de entrada para o nome da acumulação de neve e duas páginas acionadas por abas, sendo uma para os parâmetros de acumulação de neve e outra para os parâmetros de remoção de neve.

### Página dos Parâmetros de Acumulação de Neve

A página de Parâmetros do Editor de Acumulação de Neve (ver Figura C.25) permite inserir parâmetros de degelo e condições iniciais para a acumulação de neve para três diferentes tipos de áreas: a área impermeável que pode ser removida mecanicamente (isto é, sujeita a remoção de neve), a área impermeável remanescente, e toda a área permeável. A página contém uma tabela de entrada de dados que tem uma coluna para cada tipo de área e uma linha para cada um dos seguintes parâmetros:

- > Coefficiente Mínimo de Degelo. O coeficiente de degelo de neve (graus-dia) que ocorre em 21 de dezembro. As unidades estão em pol/h °F ou mm/h °C.
- > Coefficiente Máximo de Degelo. O coeficiente de degelo de neve (graus-dia) que ocorre em 21 de junho. As unidades estão em pol/h °F ou mm/h °C. Para uma simulação de curto prazo (menos de uma semana) é aceitável usar um único valor para o mínimo e o máximo.

Os coeficientes de degelo de neve mínimos e máximos são utilizados para estimar um coeficiente de degelo que varia de acordo com os dias do ano. Este último é utilizado na seguinte equação para calcular a taxa de degelo para qualquer dia:

Taxa de degelo = (Coeficiente degelo) \* (Temperatura do ar - Temperatura de base).

- > Temperatura de Base. Temperatura em que a neve começa a degelar (graus F ou C).
- > Fração da Capacidade de Água Livre. O volume do espaço nos poros de neve, que deve encher com neve descongelada, antes que comece o escoamento de líquidos, expresso como uma fração da profundidade de neve.
- > Profundidade da Neve Inicial. Profundidade da neve no início da simulação (profundidade em polegadas ou milímetros).
- > Água Livre Inicial. Profundidade de água degelada na acumulação de neve no início da simulação (pol ou mm). Este número deve ser igual ou inferior ao produto da altura da neve inicial e a fração da capacidade de água livre.

- > Profundidade com 100% de Cobertura. Profundidade da neve na qual toda a área fica completamente coberta e não está sujeita a qualquer efeito de depleção de área (pol ou mm).
- > Fração da Área Impermeável em que a Neve Pode Ser Removida Mecanicamente. A fração de área impermeável em que a neve pode ser removida mecanicamente e não está sujeita á depleção de área.

Nome da Acumulação de Neve: SP1

Parametros do Acumulador de Neve | Parametros da Remoção de Neve

Tipo da Área da Sub-bacia	Neve Removível	Impermeável	Permeável
Coef. Degelo Min. (mm/h/deg C)	0.001	0.001	0.001
Coef. Degelo Max. (mm/h/deg C)	0.001	0.001	0.001
Temperatura de Base (deg C)	32.0	32.0	32.0
Fração da Capacidade de Água Livre	0.10	0.10	0.10
Camada Inicial de Neve (mm)	0.00	0.00	0.00
Água Livre Inicial (mm)	0.00	0.00	0.00
Profundidade com Camada a 100% (mm)		0.00	0.00

Fração da área impermeável em que a neve pode ser removida mecanicamente: 0.0

OK Cancelar Ajuda

Figura C.25 – Editor de Acumulação de Neve

### Página dos Parâmetros da Remoção de Neve

A página da Remoção de Neve do Editor de Acumulação de Neve (ver Figura C.26) descreve como a remoção de neve ocorre dentro da área de neve acumulada com potencial para remoção mecânica. Os parâmetros a seguir regem esse processo:

- > Profundidade na qual a Remoção de Neve Começa (pol ou mm). Profundidade que deve ser atingida antes do começo de qualquer remoção de neve.
- > Fração Transferida para Fora da Bacia. A fração da profundidade de neve, que é removida do sistema (e não se torna escoamento).
- > Fração Transferida para a Área Impermeável. A fração da profundidade da neve que é adicionada ao amontoado de neve na área impermeável.
- > Fração Transferida para a Área Permeável. A fração da profundidade da neve que é adicionada ao amontoado de neve na área permeável.

- > Fração Convertida para Degelo Imediato. A fração da profundidade da neve que se transforma em água em estado líquido e que escoar sobre qualquer sub-bacia associada com a acumulação de neve.
- > Fração Transferida para outra Sub-bacia. A fração da profundidade da neve, que é adicionada à acumulação de neve em alguma outra sub-bacia. O nome da sub-bacia também deve ser fornecido.

Figura C.26 – Página dos Parâmetros da Remoção de Neve do Editor de Aquífero

As várias frações da remoção de neve devem somar no máximo 1,0. Se inferior a 1,0, significa que alguma remanescência de neve permanece à superfície da sub-bacia, depois de ter satisfeitas todas as opções de remoção de neve.

### C.17 Editor de Padrões Temporais

O Editor de Padrões Temporais (ver Figura C.27) é chamado quando um objeto novo de padrão temporal é criado ou um padrão temporal existente é selecionado para edição. O editor contém os seguintes campos de entrada:

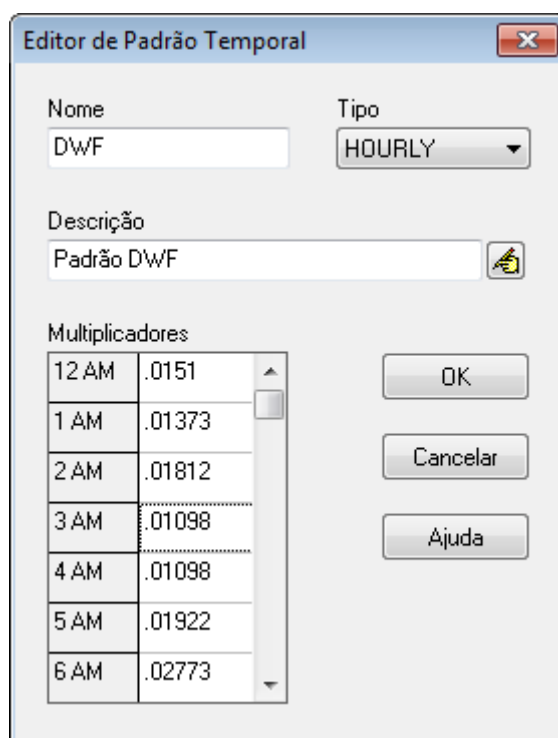



Figura C.27 – Editor de Padrões Temporais

- > **Nome.** Digite o nome atribuído ao padrão de tempo.
- > **Tipo.** Selecione o tipo de padrão temporal a ser especificado.
- > **Descrição.** Pode-se efetuar um comentário opcional ou uma descrição para o padrão temporal. Se houver necessidade de mais de uma linha, clique no botão  para lançar um editor de comentários de múltiplas linhas.
- > **Multiplicadores.** Digite um valor para cada multiplicador. O número e o significado dos multiplicadores mudam com o tipo de padrão temporal selecionado
  - MONTHLY: Um multiplicador para cada mês do ano.
  - DAILY: Um multiplicador para cada dia da semana.
  - HOURLY: Um multiplicador para cada hora de 0 a 23 horas.
  - WEEKEND: Mesmo padrão HORÁRIO aplicado para fins de semana.

A fim de manter um valor médio de afluência em tempo seco, ou de concentração de um agente poluente como especificado no editor de afluências, os multiplicadores de um padrão temporal devem ter um valor médio igual a 1,0.

### C.18 Editor de Séries Temporais

O Editor de Série Temporal (ver Figura C.28) é chamado sempre que um novo objeto de série temporal é criado ou uma série temporal existente é selecionada para edição. Para usar o Editor de Séries Temporais:

Nome da Série Temporal  
82309

Descrição  
Afluência para o Nó 82309

Utilizar arquivo de dados externo. Nomeado a seguir:

Inserir os dados da série temporal da tabela abaixo

Dados sem data se referem ao início da simulação

Data (D/M/Y)	Tempo (H:M)	Valor
	0:00	0
	0:15	40
	3:00	40
	3:15	0
	12:00	0



Visualizar...

OK

Cancelar

Ajuda

Figura C.28 – Editor de Séries Temporais

- Digite os valores para os seguintes itens:
  - Nome*: Nome da série temporal.
  - Descrição*: Comentário opcional ou descrição que representa a série temporal. Clique no botão  para lançar um editor de comentários de múltiplas linhas, se é necessário mais de uma linha.
- Selecione se deseja usar um arquivo externo como fonte dos dados ou se é para inserir os dados diretamente na tabela de entrada de dados.
- Se a opção do arquivo externo é selecionada, clique no botão  para localizar o nome do arquivo. O conteúdo do arquivo deve ser formatado conforme descrito a seguir. Veja a descrição para Arquivos de Séries Temporais no Parágrafo 11.6 para mais detalhes.
- Para a entrada direta de dados, digite os valores na tabela de entrada de dados da seguinte forma:
  - Coluna Data*: Data opcional (formato mês/dia/ano) dos valores de séries temporais (apenas necessário em pontos em que uma nova data ocorre).
  - Coluna Tempo*: Se as datas são utilizadas, digite a hora do dia para cada valor da série de tempo (em horas:minutos ou horas decimais). Se as datas não são utilizadas, digite o tempo em horas desde o início da simulação.

- c) *Coluna Valor*: valores numéricos da série temporal.

Uma representação gráfica dos dados da tabela pode ser vista em uma janela separada, clicando no botão **Visualizar**. Com o Botão direito do mouse sobre a tabela, vai aparecer o menu Editar. Ele contém comandos para excluir, copiar, inserir e colar as células selecionadas na tabela, bem como opções para inserir ou excluir uma linha.

5. Pressione **OK** para aceitar as séries cronológicas ou **Cancelar** para cancelar as suas edições.

Observe que existem dois métodos para descrever a ocorrência de tempo de séries temporais:

- > Como data do calendário/hora do dia (que exige que pelo menos uma data, no início da série, seja inserida na coluna Data).
- > Como horas decorridas desde o início da simulação (onde a coluna Data permanece vazia).

### C.19 Editor de Títulos/Notas

O editor de Títulos/Notas (ver Figura C.29) é solicitado quando o Título/Notas do projeto é selecionado para edição. Como mostrado abaixo, o editor contém múltiplas linhas de edição, onde se insere a descrição de um projeto. Ele também contém uma caixa de seleção utilizada para indicar se a primeira linha da nota deve ser usada ou não como um cabeçalho para impressão.

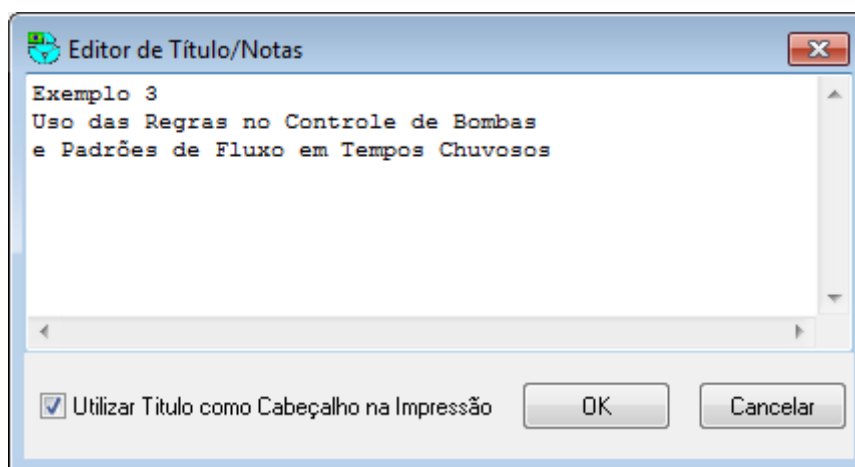


Figura C.29 – Editor de Notas/Títulos

### C.20 Editor de Seção Transversal Irregular

O Editor de Seção Transversal de Leitões Naturais (ver Figura 3.30) é solicitado quando um novo objeto **Seção Transversal Irregular** é criado ou um objeto existente é selecionado para edição. Ele contém os campos de entrada dos seguintes dados:



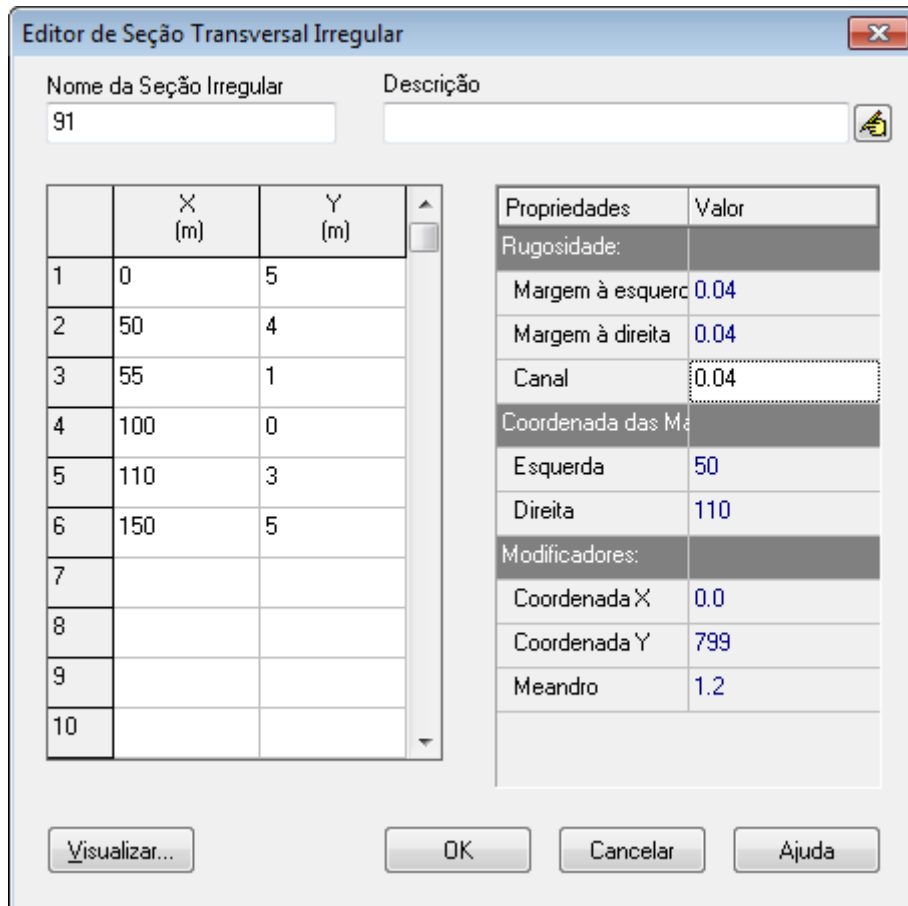


Figura C.30 – Editor de Seção Transversal Irregular

- > Nome. Nome atribuído à sessão transversal irregular
- > Descrição. Comentário opcional ou a descrição da seção transversal.
- > Tabela Abscissa/Cota do Fundo. Tabela onde são inseridas as distâncias horizontais versus as respectivas cotas do fundo do canal. A distância horizontal é descrita por um passo horizontal, percorrendo a seção da esquerda para a direita do canal, quando se olha na direção de jusante. Podem ser inseridos até 1500 valores.
- > Rugosidade. Valores da rugosidade de Manning para as margens aluviais esquerda e direita, e parte central da seção transversal do canal. Os valores de rugosidade das margens aluviais laterais podem ser zero, se elas não existem.

A Figura C.31 ilustra aspectos de geometrias de leitos naturais de rios.

- > Pontos de Margens. Representam os valores de distância aparecendo na tabela de Pontos/Cota que marcam o fim da margem aluvial esquerda e o início da margem aluvial direita. Use 0 para indicar a ausência de uma margem aluvial.
- > Modificadores.
  - O modificador de pontos é um fator pelo qual a distância entre cada ponto será multiplicado quando os dados da seção transversal são processados no SWMM. Use um valor igual a 0 se nenhum desses fatores é necessário.
  - O modificador de cotas é um valor constante que será adicionado a cada valor de cota.

- O modificador Meandro é a razão entre o comprimento de um canal principal sinuoso e o comprimento da área de margem aluvial no entorno. Este modificador é aplicado a todos os trechos que usam este tipo de geometria para a sua seção transversal. Ele assume que o comprimento fornecido para esses trechos é aquele do canal principal que é maior. O SWMM usa o comprimento mais curto da margem nos seus cálculos, e aumenta a rugosidade do canal principal para considerar o seu maior comprimento. O modificador é ignorado se for deixado vazio ou definido como 0.

Clicando no botão direito do mouse sobre a tabela de dados, vai aparecer o menu Editar. Ele contém comandos para excluir, copiar, inserir e colar as células selecionadas na tabela, bem como opções para inserir ou excluir uma linha.

Clicando no botão **Visualizar** se abrirá uma janela que mostra a forma da seção transversal.

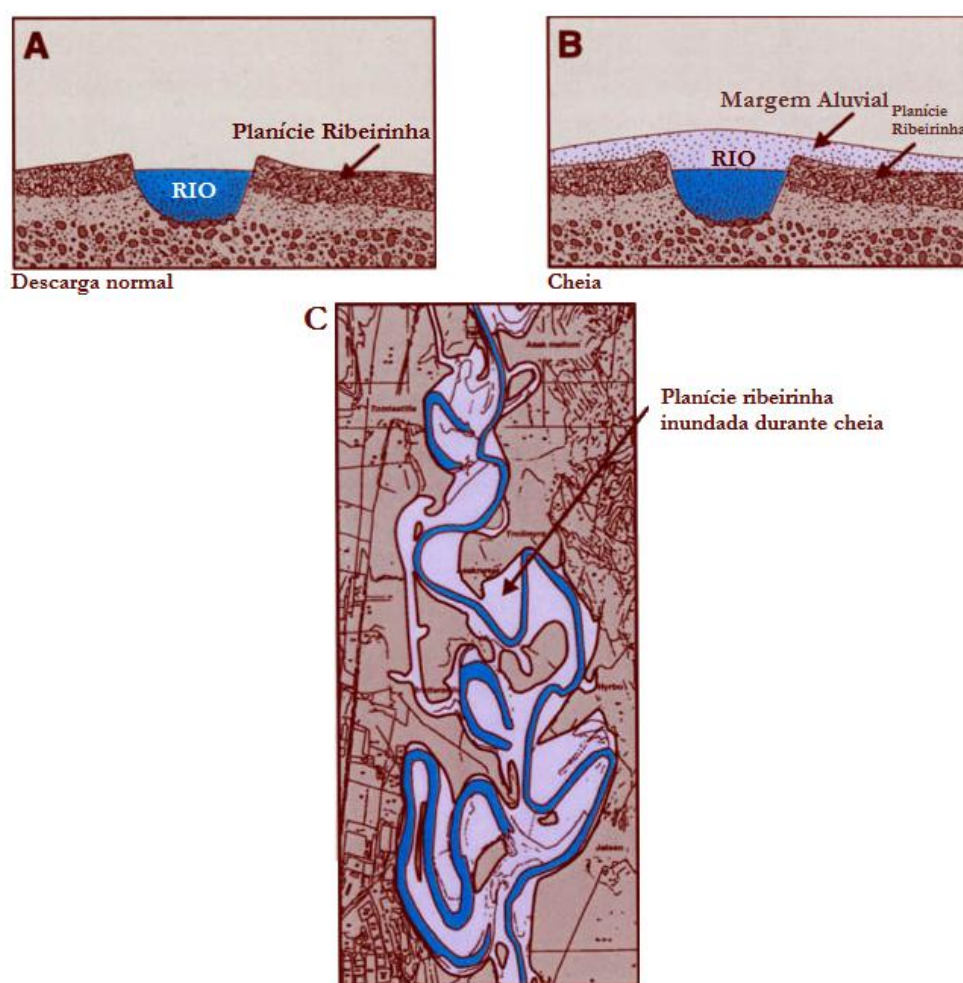


Figura C.31 – Esquema de seção transversal

## C.21 Editor de Tratamento

O Editor de Tratamento (ver Figura C.32) é chamado sempre que a propriedade tratamento da água é selecionada em um nó a partir do Editor de Propriedades. Ele exhibe uma lista dos agentes poluentes do projeto com uma caixa de edição ao lado de cada uma, como mostrado a seguir. Digite uma expressão válida do tratamento na caixa ao lado de

cada um dos agentes poluentes que recebe tratamento. Consulte o tópico de tratamento na Seção 3.3 para verificar o que constitui uma expressão válida do tratamento.

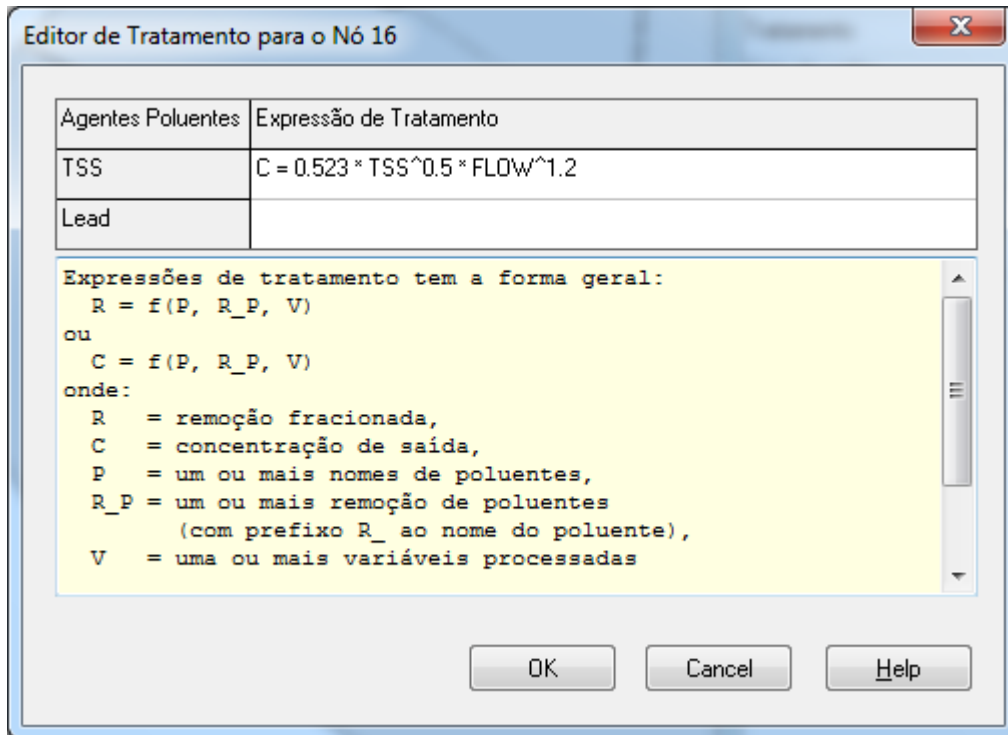


Figura C.32 – Editor de Tratamento

## C.22 Editor de Hidrograma Unitário

O Editor Hidrograma Unitário (HU) – ver Figura C.33 - é ativado quando um novo objeto **hidrograma unitário** é criado ou um já existente é selecionado para edição. Ele é usado para especificar os parâmetros de forma e o pluviômetro para um grupo de hidrogramas unitários triangulares. Estes hidrogramas são usados para calcular Infiltrações/Afluências no sistema de drenagem devido à precipitação (RDII) nos nós selecionados do sistema de drenagem. Um grupo HU pode conter até 12 conjuntos de hidrogramas unitários (um para cada mês do ano) e cada conjunto pode consistir de até 3 hidrogramas individuais (para respostas a curto, médio e longo prazo), bem como parâmetros que descrevem as perdas por abstração inicial. O editor contém os seguintes campos de entrada:

- > Nome do Grupo UH. Digite o nome atribuído ao Grupo de UH.
- > Pluviômetro Usado. Digite (ou selecione na lista de combinação) o nome do pluviômetro que fornece os dados de precipitação para os hidrogramas unitários do grupo.
- > Hidrogramas Para. Selecione um mês a partir da caixa de lista de combinação para que os parâmetros do hidrograma sejam definidos. Selecione **All Months** para especificar um conjunto pré-definido de hidrogramas que se aplicam a todos os meses do ano. Em seguida, selecione meses específicos que necessitam de hidrogramas especiais definidos. Meses listados com um (\*) ao lado deles têm hidrogramas atribuídos a eles.

Nome do Grupo HU: HU1

Pluviômetro Usado: Pluv1

Hidrograma para...: All Months

Hidrograma Unitário | Abstração da Profundidade Inicial

Response	R	T	K
Short-Term	0.20	2	2
Medium-Term	0.10	6	2
Long-Term	0.06	12	2

R = fração do volume da precipitação que entra no sistema de drenagem  
T = tempo do início das chuvas ao pico do HU em horas  
K = razão entre os tempos de recessão do HU e o correspondente ao pico

Meses com dados do HU tem um (\*) neles.

OK Cancelar Ajuda

Figura C.33 – Editor de Hidrograma Unitário

- > Hidrograma Unitário. Selecione esta aba para fornecer os parâmetros de forma R-T-K para cada conjunto de hidrogramas unitários nos meses do ano selecionados. A primeira linha é usada para especificar parâmetros de um hidrograma de resposta a curto prazo (ou seja, de pequeno valor T), a segunda para um hidrograma de resposta a médio prazo, e o terceiro para um hidrograma de resposta a longo prazo (maior valor de T) . Não é necessário que todos os três hidrogramas sejam definidos e a soma dos três valores de R não deve ser obrigatoriamente igual a 1. Os parâmetros de forma para cada HU são constituídos de:
  - R: a fração do volume da precipitação que entra no sistema de drenagem
  - T: o tempo do início das chuvas ao pico do HU em horas
  - K: a razão entre tempo de recessão do HU e o tempo correspondente ao pico
- > Profundidade de Abstração Inicial. Selecione esta aba para fornecer parâmetros que descrevem como chuvas serão reduzidas por qualquer profundidade de abstração inicial (por exemplo, interceptação e armazenamento em depressão) antes de serem processadas por meio do hidrograma unitário definido para um mês específico do ano. Diferentes parâmetros da abstração inicial podem ser atribuídos a cada uma das três respostas do hidrograma unitário. Estes parâmetros são:

- PMax: a profundidade máxima de abstração inicial disponível (em unidades de profundidade de precipitação).
- PRec: a taxa na qual qualquer abstração inicial utilizada é novamente disponível (em unidades de profundidade de precipitação por dia).
- PAi: a quantidade da abstração inicial que já foi utilizada no início da simulação (em unidades de profundidade de precipitação).

Se uma célula da tabela é deixada vazia, o seu parâmetro correspondente é considerado 0. Ao clicar no botão direito do mouse sobre uma tabela de entrada de dados, aparecerá um menu Editar. Ele contém comandos para excluir, copiar e colar texto a partir das células selecionadas na tabela.

# APÊNDICE D: Linhas de Comando

## D.1 Instruções Gerais

O EPA SWMM também pode ser executado como um aplicativo de console via linha de comando dentro de uma janela do DOS. Neste caso, os dados de área de estudo são colocados em um arquivo de texto e os resultados são gravados em um arquivo de texto. A linha de comando para a execução de SWMM desta forma é:

```
swmm5 outfile inpfile rptfile
```

onde `inpfile` é o nome do arquivo de entrada, `rptfile` é o nome do arquivo de relatório de saída, e `outfile` é o nome de um arquivo binário de saída opcional. O último salva todos os resultados da série temporal em um formato binário, que vai exigir um programa de pós-processamento separadamente para visualização. Se nenhum nome de arquivo binário de saída é fornecido, então, todos os resultados de séries temporais serão exibidos no arquivo de relatório. Como escrito, o comando acima assume que se está trabalhando no diretório em que o EPA SWMM foi instalado, ou que este diretório foi adicionado à variável `PATH` em seu perfil de usuário (ou o arquivo `autoexec.bat` em versões antigas do Windows). Caso contrário, os caminhos completos para o executável `swmm5.exe` e os arquivos devem ser utilizados na linha de comando.

## D.2 Formatação do Arquivo de Entrada

O arquivo de entrada para a linha de comando do SWMM tem o mesmo formato que o arquivo de projeto usado pela versão do programa no Windows. A figura D-1 ilustra um exemplo do arquivo de entrada do SWMM 5. Ele é organizado em seções, onde cada Seção começa com uma palavra-chave entre colchetes. As diferentes palavras-chave estão listadas abaixo.

[TITLE]	Título do projeto
[OPTIONS]	Opções de análise
[REPORT]	Instruções para relatórios de saída
[FILES]	Opções de interface de arquivo
[RAINGAGES]	Informações do pluviômetro
[HYDROGRAPHS]	Hidrograma unitário de dados utilizados para a construção de afluências RDII
[EVAPORATION]	Dados de evaporação

[TEMPERATURE]	Dados da temperatura do ar e do degelo de neve
[SUBCATCHMENTS]	Informações básicas das sub-bacias
[SUBAREAS]	Áreas das sub-bacias impermeáveis/permeáveis
[INFILTRATION]	Parâmetros de infiltração na sub-bacia
[LID_CONTROLS]	Informações de controle de lids
[LID_USAGE]	Atribuição de controles de LID para sub-bacia
[AQUIFERS]	Parâmetros das águas subterrâneas do aquífero
[GROUNDWATER]	Parâmetros das águas subterrâneas da sub-bacia
[SNOWPACKS]	Parâmetros da acumulação de neve na sub-bacia
[JUNCTIONS]	Informações sobre o nó de conexão
[OUTFALLS]	Informações sobre o nó exutório
[DIVIDERS]	Informações do nó divisor de fluxo
[STORAGE]	Informações do nó de armazenamento
[CONDUITS]	Informações dos condutos
[PUMPS]	Informações das bombas
[ORIFICES]	Informações de orifício
[WEIRS]	Informações do vertedor
[OUTLETS]	Informações dos bocais
[XSECTIONS]	Geometria da seção transversal do conduto, orifício e vertedor
[TRANSECTS]	Geometria das seções transversais de rios naturais ou de condutos irregulares
[LOSSES]	Perdas de entrada/saída do conduto e dispositivos de retenção
[CONTROLS]	Regras que controlem a operação de bombas e reguladores
[POLLUTANTS]	Informações sobre os agentes poluentes
[LANDUSES]	Categorias de uso do solo
[COVERAGES]	Ocupação do solo nas sub-bacias
[BUILDUP]	Funções de acumulação para agentes poluentes e ocupação do solo
[WASHOFF]	Funções de lixiviação para agentes poluentes e ocupação do solo
[TREATMENT]	Funções de remoção de agentes poluentes em nós do sistema de transporte
[INFLOWS]	Hidrograma e polutograma externos das afluências em nós
[DWF]	Dados de referência para o fluxo de águas residuais em nós
[PATTERNS]	Sazonalidade das afluências aos nós em tempo de estiagem
[RDII]	Informação de RDII em nós
[LOADINGS]	Cargas iniciais de agentes poluentes na sub-bacia
[CURVES]	Dados tabulares x-y referenciados em outras seções
[TIMESERIES]	Séries temporais de dados referenciados em outras seções

As seções, descritas pelas palavras-chave acima, podem aparecer em qualquer ordem no arquivo de entrada, e nem todas devem estar presentes. Cada seção pode conter uma ou mais linhas de dados. Linhas em branco (ou vazias) podem aparecer em qualquer parte do arquivo. Um ponto e vírgula (;) é usado para indicar que o que se segue na linha é um comentário e não dados. Os itens de dados podem aparecer em qualquer coluna de uma linha. Observe como na Figura D-1 esses recursos foram usados para criar uma aparência tabular dos dados, com títulos de coluna.

As palavras-chave podem ser escritas em letras maiúsculas e minúsculas. Apenas as quatro primeiras letras (e os colchetes) são usadas para distinguir uma palavra-chave de outra (por exemplo, [DIVISORES] e [Divi] são equivalentes). Uma opção está disponível na seção [OPTIONS] para escolher entre as unidades de fluxo de pés cúbicos por segundo (SFC), galões por minuto (GPM), milhões de galões por dia (DGM) e metros cúbicos por segundo



(CMS), litros por segundo (LPS), ou milhões de litros por dia (DML). Se pés cúbicos ou galões são escolhidos para as unidades de fluxo, então, as unidades dos EUA são usadas para todas as outras variáveis. Se metros cúbicos ou litros são escolhidos, então unidades métricas são usadas para todas as outras unidades. A unidade de fluxo pré-definida pelo programa é CFS.

Uma descrição detalhada dos dados, em cada seção do arquivo de entrada, será dada agora. Ao listar o formato de uma linha, palavras-chave obrigatórias são mostradas em negrito, enquanto os itens opcionais aparecem entre parênteses. Uma lista de palavras-chave separadas por uma barra (YES / NO) significa que apenas uma das palavras deve aparecer na linha de dados.

```
[TITLE]
Example SWMM Project

[OPTIONS]
FLOW_UNITS          CFS
INFILTRATION        GREEN_AMPT
FLOW_ROUTING         KINWAVE
START_DATE           8/6/2002
START_TIME           10:00
END_TIME             18:00
WET_STEP             00:15:00
DRY_STEP             01:00:00
ROUTING_STEP         00:05:00

[RAINGAGES]
;;Name      Format      Interval  SCF  DataSource  SourceName
;;=====
GAGE1       INTENSITY  0:15     1.0  TIMESERIES  SERIES1

[EVAPORATION]
CONSTANT  0.02

[SUBCATCHMENTS]
;;Name      Raingage  Outlet  Area  %Imperv  Width  Slope
;;=====
AREA1      GAGE1     NODE1   2     80.0     800.0  1.0
AREA2      GAGE1     NODE2   2     75.0     50.0   1.0

[SUBAREAS]
;;Subcatch  N_Imp  N_Perv  S_Imp  S_Perv  %ZER  RouteTo
;;=====
AREA1       0.2   0.02   0.02   0.1     20.0  OUTLET
AREA2       0.2   0.02   0.02   0.1     20.0  OUTLET

[INFILTRATION]
;;Subcatch  Suction  Conduct  InitDef
;;=====
AREA1       4.0     1.0     0.34
AREA2       4.0     1.0     0.34

[JUNCTIONS]
;;Name      Elev
;;=====
NODE1       10.0
NODE2       10.0
NODE3       5.0
NODE4       5.0
NODE6       1.0
NODE7       2.0

[DIVIDERS]
;;Name      Elev  Link  Type  Parameters
;;=====
NODE5       3.0   C6    CUTOFF 1.0
```

Figura D-1. Exemplo de arquivo de projeto do SWMM



```

[CONDUITS]
;;Name      Node1      Node2      Length  N          Z1      Z2      Q0
;;=====
C1          NODE1      NODE3      800     0.01      0       0       0
C2          NODE2      NODE4      800     0.01      0       0       0
C3          NODE3      NODE5      400     0.01      0       0       0
C4          NODE4      NODE5      400     0.01      0       0       0
C5          NODE5      NODE6      600     0.01      0       0       0
C6          NODE5      NODE7      400     0.01      0       0       0

[XSECTIONS]
;;Link      Type          G1      G2      G3      G4
;;=====
C1          RECT_OPEN     0.5     1       0       0
C2          RECT_OPEN     0.5     1       0       0
C3          CIRCULAR      1.0     0       0       0
C4          RECT_OPEN     1.0     1.0     0       0
C5          PARABOLIC     1.5     2.0     0       0
C6          PARABOLIC     1.5     2.0     0       0

[POLLUTANTS]
;;Name      Units  Cppt  Cgw  Cii  Kd  Snow  CoPollut  CoFract
;;=====
TSS         MG/L   0     0    0    0   0     TSS        0.20
Lead        UG/L   0     0    0    0   NO     TSS        0.20

[LANDUSES]
RESIDENTIAL
UNDEVELOPED

[WASHOFF]
;;Landuse      Pollutant  Type  Coeff  Expon  SweepEff  BMPEff
;;=====
RESIDENTIAL    TSS        EMC   23.4  0     0         0
UNDEVELOPED    TSS        EMC   12.1  0     0         0

[COVERAGES]
;;Subcatch      Landuse      Pcnt  Landuse      Pcnt
;;=====
AREA1           RESIDENTIAL  80    UNDEVELOPED  20
AREA2           RESIDENTIAL  55    UNDEVELOPED  45

[TIMESERIES]
;Rainfall time series
SERIES1  0:0    0.1    0:15    1.0    0:30    0.5
SERIES1  0:45  0.1    1:00    0.0    2:00    0.0

[REPORT]
INPUT          YES
SUBCATCHMENTS ALL
NODES         ALL
LINKS         C4  C5  C6

```

Figura D-1 - Continuação

<b>Seção:</b>	[TITLE]
<b>Objetivo:</b>	Anexa um título descritivo para o problema em análise.
<b>Formato:</b>	Qualquer número de linhas pode ser inserido. A primeira linha será usada como um cabeçalho no relatório de resultados.

<b>Seção:</b>	[OPTIONS]																																																																
<b>Objetivo:</b>	Fornecer valores para várias opções da análise.																																																																
<b>Formato:</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>FLOW_UNITS</b></td> <td>CFS/GPM/MGD/CMS/LPS/MLD</td> </tr> <tr> <td><b>INFILTRAÇÃO</b></td> <td>HORTON/GREEN_AMPT/ CURVE_NUMBER</td> </tr> <tr> <td><b>FLOW_ROUTING</b></td> <td>STEADY/KINWAVE/DYNWAVE</td> </tr> <tr> <td><b>LINK_OFFSETS</b></td> <td>DEPTH/ELEVATION</td> </tr> <tr> <td><b>FORCE_MAIN_EQUATION</b></td> <td>H-W/D-W</td> </tr> <tr> <td><b>IGNORE_RAINFALL</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>IGNORE_SNOWMELT</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>IGNORE_GROUNDWATER</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>IGNORE_ROUTING</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>IGNORE_QUALITY</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>ALLOW_PONDING</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>SKIP_STEADY_STATE</b></td> <td>YES/NO</td> </tr> <tr> <td><b>START_DATE</b></td> <td>dia/mês/ano</td> </tr> <tr> <td><b>START_TIME</b></td> <td>horas:minutos</td> </tr> <tr> <td><b>END_DATE</b></td> <td>dia/mês/ano</td> </tr> <tr> <td><b>END_TIME</b></td> <td>horas:minutos</td> </tr> <tr> <td><b>REPORT_START_DATE</b></td> <td>dia/mês/ano</td> </tr> <tr> <td><b>REPORT_START_TIME</b></td> <td>horas:minutos</td> </tr> <tr> <td><b>SWEEP_START</b></td> <td>mês/dia</td> </tr> <tr> <td><b>SWEEP_END</b></td> <td>mês/dia</td> </tr> <tr> <td><b>DRY_DAYS</b></td> <td>dia</td> </tr> <tr> <td><b>REPORT_STEP</b></td> <td>horas:minutos:segundos</td> </tr> <tr> <td><b>WET_STEP</b></td> <td>horas:minutos:segundos</td> </tr> <tr> <td><b>DRY_STEP</b></td> <td>horas:minutos:segundos</td> </tr> <tr> <td><b>ROUTING_STEP</b></td> <td>segundos</td> </tr> <tr> <td><b>LENGTHENING_STEP</b></td> <td>segundos</td> </tr> <tr> <td><b>VARIABLE_STEP</b></td> <td>valor</td> </tr> <tr> <td><b>INERTIAL_DAMPING</b></td> <td>NONE/PARTIAL/FULL</td> </tr> <tr> <td><b>NORMAL_FLOW_LIMITED</b></td> <td>SLOPE/FROUDE/BOTH</td> </tr> <tr> <td><b>MIN_SURFAREA</b></td> <td>valor</td> </tr> <tr> <td><b>MIN_SLOPE</b></td> <td>valor</td> </tr> <tr> <td><b>TEMPDIR</b></td> <td>Diretório</td> </tr> </table>	<b>FLOW_UNITS</b>	CFS/GPM/MGD/CMS/LPS/MLD	<b>INFILTRAÇÃO</b>	HORTON/GREEN_AMPT/ CURVE_NUMBER	<b>FLOW_ROUTING</b>	STEADY/KINWAVE/DYNWAVE	<b>LINK_OFFSETS</b>	DEPTH/ELEVATION	<b>FORCE_MAIN_EQUATION</b>	H-W/D-W	<b>IGNORE_RAINFALL</b>	YES/NO	<b>IGNORE_SNOWMELT</b>	YES/NO	<b>IGNORE_GROUNDWATER</b>	YES/NO	<b>IGNORE_ROUTING</b>	YES/NO	<b>IGNORE_QUALITY</b>	YES/NO	<b>ALLOW_PONDING</b>	YES/NO	<b>SKIP_STEADY_STATE</b>	YES/NO	<b>START_DATE</b>	dia/mês/ano	<b>START_TIME</b>	horas:minutos	<b>END_DATE</b>	dia/mês/ano	<b>END_TIME</b>	horas:minutos	<b>REPORT_START_DATE</b>	dia/mês/ano	<b>REPORT_START_TIME</b>	horas:minutos	<b>SWEEP_START</b>	mês/dia	<b>SWEEP_END</b>	mês/dia	<b>DRY_DAYS</b>	dia	<b>REPORT_STEP</b>	horas:minutos:segundos	<b>WET_STEP</b>	horas:minutos:segundos	<b>DRY_STEP</b>	horas:minutos:segundos	<b>ROUTING_STEP</b>	segundos	<b>LENGTHENING_STEP</b>	segundos	<b>VARIABLE_STEP</b>	valor	<b>INERTIAL_DAMPING</b>	NONE/PARTIAL/FULL	<b>NORMAL_FLOW_LIMITED</b>	SLOPE/FROUDE/BOTH	<b>MIN_SURFAREA</b>	valor	<b>MIN_SLOPE</b>	valor	<b>TEMPDIR</b>	Diretório
<b>FLOW_UNITS</b>	CFS/GPM/MGD/CMS/LPS/MLD																																																																
<b>INFILTRAÇÃO</b>	HORTON/GREEN_AMPT/ CURVE_NUMBER																																																																
<b>FLOW_ROUTING</b>	STEADY/KINWAVE/DYNWAVE																																																																
<b>LINK_OFFSETS</b>	DEPTH/ELEVATION																																																																
<b>FORCE_MAIN_EQUATION</b>	H-W/D-W																																																																
<b>IGNORE_RAINFALL</b>	YES/NO																																																																
<b>IGNORE_SNOWMELT</b>	YES/NO																																																																
<b>IGNORE_GROUNDWATER</b>	YES/NO																																																																
<b>IGNORE_ROUTING</b>	YES/NO																																																																
<b>IGNORE_QUALITY</b>	YES/NO																																																																
<b>ALLOW_PONDING</b>	YES/NO																																																																
<b>SKIP_STEADY_STATE</b>	YES/NO																																																																
<b>START_DATE</b>	dia/mês/ano																																																																
<b>START_TIME</b>	horas:minutos																																																																
<b>END_DATE</b>	dia/mês/ano																																																																
<b>END_TIME</b>	horas:minutos																																																																
<b>REPORT_START_DATE</b>	dia/mês/ano																																																																
<b>REPORT_START_TIME</b>	horas:minutos																																																																
<b>SWEEP_START</b>	mês/dia																																																																
<b>SWEEP_END</b>	mês/dia																																																																
<b>DRY_DAYS</b>	dia																																																																
<b>REPORT_STEP</b>	horas:minutos:segundos																																																																
<b>WET_STEP</b>	horas:minutos:segundos																																																																
<b>DRY_STEP</b>	horas:minutos:segundos																																																																
<b>ROUTING_STEP</b>	segundos																																																																
<b>LENGTHENING_STEP</b>	segundos																																																																
<b>VARIABLE_STEP</b>	valor																																																																
<b>INERTIAL_DAMPING</b>	NONE/PARTIAL/FULL																																																																
<b>NORMAL_FLOW_LIMITED</b>	SLOPE/FROUDE/BOTH																																																																
<b>MIN_SURFAREA</b>	valor																																																																
<b>MIN_SLOPE</b>	valor																																																																
<b>TEMPDIR</b>	Diretório																																																																

### Observações:

- > **FLOW\_UNITS** permite a escolha de unidades de fluxo. A seleção de uma unidade dos EUA para o fluxo significa que todas as outras unidades serão expressas em unidades dos EUA, ao escolher uma unidade de fluxo métrica, todas as outras unidades serão expressas em unidades métricas. O pré-definido é **CFS**.
- > **INFILTRATION** seleciona o modelo de determinação da infiltração das chuvas na zona superior do solo na sub-bacia. O modelo pré-definido é **HORTON**.

- > **FLOW\_ROUTING** determina qual método é usado para o cálculo da propagação do fluxo através do sistema de drenagem. **STEADY** se refere ao modelo de propagação uniforme (por exemplo, translação de hidrograma), **KINWAVE** ao modelo de propagação pela onda cinemática, **DYNWAVE** ao modelo de propagação pela onda dinâmica. O método de propagação pré-definido é **KINWAVE**.
- > **LINK\_OFFSETS** determina a convenção usada para especificar a posição de um trecho acima do radier do nó do trecho. **DEPTH** indica que os **OFFSETS** são expressos como altura, isto é, a distância entre o radier do nó e a geratriz do trecho (ou conduto), enquanto **ELEVATION** indica que a cota do objeto (valor absoluto) é utilizada. O pré-definido é a **ELEVATION**.
- > **FORCE\_MAIN\_EQUATION** estabelece se a equação de Hazen Williams (**H-W**) ou a de Darcy-Weisbach (**D-W**) será usada para calcular as perdas de carga nos condutos sob pressão com seção transversal circular. A equação pré-definida é **H-W**.
- > **IGNORE\_RAINFALL** é definida como **YES** se todos os dados de chuva e cálculos de vazão forem ignorados. Neste caso, o SWMM só simula transportes de águas residuais, baseando-se nos valores de afluições diretas, e os fluxos, em tempos secos informados pelo usuário. O pré-definido é **NO**.
- > **IGNORE\_SNOWMELT** é definida como **YES** se os cálculos de degelo forem ignorados quando um arquivo de projeto contém objetos **acumulação de neve**. O pré-definido é **NO**.
- > **IGNORE\_GROUNDWATER** é definida como **YES** se os cálculos das águas subterrâneas forem ignorados quando um arquivo de projeto contém objetos **aquífero**. O pré-definido é **NO**.
- > **IGNORE\_ROUTING** é definida para **YES** se somente o escoamento superficial for calculado, mesmo que no projeto existam condutos, trechos e nós de um sistema de drenagem. O pré-definido é **NO**.
- > **IGNORE\_QUALITY** é definida para **YES** se a lixiviação de agente poluente, a propagação do seu fluxo e o seu tratamento forem ignoradas em um projeto que tem agentes poluentes definidos. O pré-definido é **NO**.
- > **ALLOW\_PONDING** determina se o excesso de água por alagamento é permitido acima dos nós e se é permitida a reintrodução dessa água no sistema, quando as condições o permitam. O pré-definido para o alagamento é **NO**. Para que o alagamento realmente ocorra em um determinado nó, deve ser usado um valor diferente de zero para seu atributo Área Empoçada.
- > **SKIP\_STEADY\_STATE** deve ser definido como **YES** caso opte-se por ignorar o cálculo do fluxo por um método de propagação durante os períodos ditos de escoamento permanente. Neste caso, utiliza-se como valor de fluxo, o valor calculado no final do último período de escoamento não permanente. O escoamento pode ser considerado como permanente se, no período, não houve variações significativas nos escoamentos externos, nos volumes armazenados, nas profundidades de água armazenadas nos nós, (no caso do modelo da onda dinâmica), ou nos valores de vazões nos condutos (para outras formas de transporte). O pré-definido para essa opção é **NO**.
- > **START\_DATE** é a data em que a simulação começa. Se não for fornecida, a data 1/1/2002 é usada.

- > **START\_TIME** é a hora do dia inicial (**START\_DATE**) quando a simulação começa. O valor pré-definido é meia-noite (00:00:00).
- > **END\_DATE** é a data (dia/mês/ano) em que a simulação termina. O pré-definido é a data inicial.
- > **END\_TIME** é a hora do último dia quando a simulação termina. O pré-definido é 24:00:00.
- > **REPORT\_START\_DATE** é a data (dia/mês/ano) quando se quer iniciar a apresentação dos resultados. O valor pré-definido é a data de início da simulação.
- > **REPORT\_START\_TIME** é a hora do dia inicial do relatório no começo do mesmo. O valor pré-definido é a hora de início da simulação.
- > **SWEEP\_START** é o dia do ano (mês/dia) quando as operações de limpeza de ruas começam. O pré-definido é 1/1.
- > **SWEEP\_END** é o dia do ano (mês/dia) quando as operações da limpeza de rua acabam. O pré-definido é 12/31.
- > **DRY\_DAYS** é o número de dias sem chuvas antes do início da simulação. O pré-definido é 0.
- > **REPORT\_STEP** é o intervalo de tempo em que os resultados da simulação serão apresentados. O pré-definido é 00:15:00.
- > **WET\_STEP** é o intervalo de tempo usado para calcular o escoamento superficial da sub-bacia durante os períodos de chuva ou quando a água empoçada ainda permanece na superfície. O pré-definido é 00:05:00.
- > **DRY\_STEP** é o intervalo de tempo usado para os cálculos durante os períodos em que não há chuva e nem água empoçada. Consiste, essencialmente, no cálculo da variação da concentração de poluentes. O valor pré-definido é 01:00:00.
- > **ROUTING\_STEP** é o passo de tempo, em segundos, usado nos cálculos relativos à propagação dos fluxos e dos agentes poluentes no sistema de drenagem. O valor pré-definido é 600 segundos (5 minutos). Todavia, este valor deve ser reduzido ao se utilizar o modelo de propagação da onda dinâmica. Valores fracionais (por exemplo: 2,5), bem como valores expressos no formato horas:minutos:segundos são permitidos.
- > **LENGHTENING\_STEP** (Passo de Tempo para alongamento artificial de um conduto) é um passo de tempo, em segundos, usado para alongar condutos, artificialmente, para que eles cumpram o critério de estabilidade de Courant, sob condições de fluxo total (ou seja, o tempo de deslocamento de uma onda não será menor do que o passo de tempo especificado para o alongamento artificial do conduto). À medida que este valor for reduzido, o número de condutos a exigir alongamento diminuirá. Um valor de zero significa que não há condutos a serem alongados.
- > **VARIABLE\_STEP** é um fator de segurança aplicado a um passo de tempo variável, calculado em cada período de tempo, no caso do modelo da onda dinâmica. O passo de tempo variável é calculado de modo a satisfazer o critério de estabilidade de Courant para cada conduto ou canal, bem como não exceder o valor **ROUTING\_STEP**. Se o fator de segurança é 0 (o default), então nenhum passo de tempo variável é usado.

- > **INERTIAL\_DAMPING** indica como os termos de inércia da equação do momento de Saint Venant serão tratados, no caso do uso do modelo da onda dinâmica. Escolhendo **NONE**, significa que mantém esses termos em seu valor integral em todas as condições. Selecionando **PARTIAL**, significa que esses termos serão reduzidos a medida que o fluxo se aproximar do regime crítico e serão ignorados quando o fluxo for supercrítico. Escolhendo **FULL** significa que esses termos serão ignorados.
- > **NORMAL\_FLOW\_LIMITED** especifica qual condição é verificada, para determinar se o fluxo em um conduto é supercrítico e deveria ser limitado ao fluxo normal. Use **SLOPE** para verificar se a inclinação da superfície da água é maior que a inclinação do conduto; **FROUDE** para verificar se o número de Froude é superior a 1,0, ou **BOTH** para verificar as duas condições simultaneamente. A opção pré-definida é **BOTH**.
- > **MIN\_SURFAREA** é a superfície mínima utilizada nos nós para calcular as variações da profundidade da água pelo modelo da onda dinâmica. Se for digitado 0, então o valor pré-definido de 12,566 pés<sup>2</sup> é usado, ou seja, a área de um bueiro de 4 pés de diâmetro.
- > **MIN\_SLOPE** é o valor mínimo permitido para a inclinação de um canal (em %). Se for zero (o pré-definido), então nenhum valor mínimo é imposto (embora o SWMM use um limite inferior para a queda de altitude de 0.001 pés (0,00035 m) nos cálculos da inclinação de conduto).
- > **TEMPDIR** fornece o nome de um diretório de arquivo (ou pasta) onde o SWMM armazena seus arquivos temporários. Se o nome do diretório contiver espaços, então ele deve ser colocado entre aspas. Se nenhum diretório for especificado, então os arquivos temporários serão gravados no diretório atual em que o usuário está trabalhando.

<b>Seção:</b>	<b>[REPORT]</b>	
<b>Objetivo:</b>	Descreve o conteúdo do arquivo de relatório que é produzido.	
<b>Formato:</b>	<b>INPUT</b>	<b>YES/NO</b>
	<b>CONTINUITY</b>	<b>YES/NO</b>
	<b>FLOWSTATS</b>	<b>YES/NO</b>
	<b>CONTROLS</b>	<b>YES/NO</b>
	<b>SUBCATCHMENTS</b>	<b>ALL/NONE / &lt;lista de nomes das sub-bacias&gt;</b>
	<b>NODES</b>	<b>ALL/NONE / &lt;lista de nomes de nós&gt;</b>
	<b>LINKS</b>	<b>ALL/NONE / &lt;lista de nomes de trechos&gt;</b>

#### Observações:

- > **INPUT** especifica se um resumo dos dados de entrada deve ser fornecido no relatório. O pré-definido é **NO**.
- > **CONTINUITY** especifica se avaliações da conservação da massa (eq. da continuidade) devem ser relatadas ou não. O pré-definido é **YES**.
- > **FLOWSTATS** especifica se um resumo estatístico dos fluxos deve ser relatado ou não. O pré-definido é **YES**.
- > **CONTROLS** especifica se todas as ações de controle, tomadas durante uma simulação, devem ser listadas ou não. O pré-definido é **NO**.
- > **SUBCATCHMENTS** dá uma lista de sub-bacias cujos resultados devem ser relatados. O pré-definido é **NONE**.

- > **NODE** dá uma lista de nós, cujos resultados devem ser comunicados. O pré-definido é **NONE**.
- > **LINKS** dá uma lista de trechos, cujos resultados devem ser comunicados. O pré-definido é **NONE**.

As linhas de **SUBCATCHMENTS**, **NODES** e **LINKS** podem ser repetidas várias vezes.

<b>Seção:</b>	<b>[FILES]</b>	
<b>Objetivo:</b>	Identifica arquivos de interface opcional usado ou salvo em uma simulação.	
<b>Formato:</b>	<b>USE/SAVE RAINFALL</b>	<i>Fname</i>
	<b>USE/SAVE RUNOFF</b>	<i>Fname</i>
	<b>USE/SAVE HOTSTART</b>	<i>Fname</i>
	<b>USE/SAVE RDII</b>	<i>Fname</i>
	<b>USE INFLOWS</b>	<i>Fname</i>
	<b>SAVE OUTFLOWS</b>	<i>Fname</i>

237

### Observações:

- > *Fname*: nome do arquivo de interface.
- > Consulte a Seção 11.7 para uma descrição dos arquivos de interface. Arquivos de precipitação, escoamento superficial e RDII podem ser utilizados ou salvos em uma simulação, mas não ambos. A execução pode tanto usar como salvar um arquivo de iniciação rápida (porém com nomes diferentes).

<b>Seção:</b>	<b>[RAINGAGES]</b>	
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada pluviômetro que fornece os dados de precipitação para a área de estudo.	
<b>Formato:</b>	<i>Name Form INTVL SCF</i>	<b>TIMESERIES</b> <i>Tseries</i>
	<i>Name Form INTVL SCF</i>	<b>FILE</b> <i>Fname Sta Units</i>

### Observações:

- > *Name*: Nome atribuído ao pluviômetro.
- > *Form*: Formulário de chuvas registrado, ou **INTENSITY**, **VOLUME** ou **CUMULATIVE**.
- > *INTVL*: intervalo de tempo entre as leituras do pluviômetro em horas decimais ou horas:minutos (por exemplo, 00:15 para leituras de 15 minutos).
- > *SCF*: Deficiência de captação de neve, fator de correção (1,0 para usar sem ajuste).
- > *Tseries*: nome de séries temporais na seção [**TIMESERIES**] para os dados de precipitação.
- > *Fname*: nome do arquivo externo com dados de precipitação. Arquivos de precipitação são discutidos na Seção 11.3.
- > *Sta*: nome da estação usada no arquivo de precipitação.
- > *Units*: unidades de precipitação usada no arquivo de precipitação, em pol (polegadas) ou mm (milímetros).

<b>Seção:</b>	<b>[EVAPORATION]</b>	
<b>Objetivo:</b>	Especifica como as taxas de evaporação diária variam com o tempo para a área de estudo.	
<b>Formato:</b>	<b>CONSTANT</b>	evap
	<b>MONTHLY</b>	evap1 evap2 ... evap12
	<b>TIMESERIES</b>	Tseries
	<b>TEMPERATURE</b>	
	<b>FILE</b>	(pan1 pan2 ... pan12)
	<b>RECOVERY</b>	patternID
	<b>DRY_ONLY</b>	<b>NO/YES</b>

**Observações:**

- > evap: taxa de evaporação constante (em pol/dia ou mm/dia).  
evap1: taxa de evaporação em janeiro (em pol/dia ou mm/dia).  
...  
evap12: taxa de evaporação em dezembro (em pol/dia ou mm/dia).
- > Tseries: nome de séries temporais na seção [TIMESERIES] com dados de evaporação.
- > pan1 pan coeficiente de Janeiro.  
...  
pan12: pan coeficiente de dezembro.
- > patID: nome de um padrão temporal mensal
- > Use apenas um dos formatos acima (CONSTANT, MONTHLY, TIMESERIES, TEMPERATURE, ou FILE). Se nenhuma seção [EVAPORATION] aparece, então, a evaporação é assumida como sendo 0.
- > **TEMPERATURE** indica que as taxas de evaporação serão calculadas a partir da temperatura diária do ar contido em um arquivo de clima externo, cujo nome é fornecido na seção [TEMPERATURE] (veja abaixo). Este método também utiliza a latitude do local, que também pode ser especificada na seção [TEMPERATURE].
- > **FILE** indica que os dados de evaporação serão lidos diretamente do mesmo arquivo de clima externo utilizado para temperatura do ar, conforme especificado na seção [TEMPERATURE] (ver abaixo).
- > **RECOVERY** identifica um padrão de tempo opcional mensal de multiplicadores utilizados para modificar as taxas de recuperação de infiltração durante períodos de seca. Por exemplo, se a taxa normal de recuperação de infiltração foi de 1% durante um período específico de tempo e um fator de 0,8 for aplicado a este período, a taxa real de recuperação da infiltração será de 0,8%.
- > **DRY\_ONLY** determina se a evaporação ocorre apenas durante os períodos sem precipitação. O pré-definido é **NO**.



<b>Seção:</b>	[TEMPERATURE]	
<b>Objetivo:</b>	Especifica as temperaturas do ar diariamente, a velocidade do vento mensal, e vários parâmetros de degelo para a área de estudo. Obrigatório somente quando o degelo será modelado ou quando as taxas de evaporação são calculadas a partir de temperaturas diárias ou são lidos de um arquivo do clima externo.	
<b>Formato:</b>	<b>TIMESERIES</b>	<i>Tseries</i>
	<b>FILE</b>	<i>Fname (Start)</i>
	<b>WINDSPEED MONTHLY</b>	<i>s1 s2 ... s11 s12</i>
	<b>WINDSPEED FILE</b>	
	<b>SNOWMELT</b>	<i>Stemp ATlwt RNM Elev Lat DTLong</i>
	<b>ADC IMPERVIOUS</b>	<i>f.0 f.1 ... f.8 f.9</i>
	<b>ADC PERVIOUS</b>	<i>f.0 f.1 ... f.8 f.9</i>

### Observações:

- > *Tseries*: nome de séries temporais na seção [TIMESERIES] com dados de temperatura.
- > *Fname*: nome do arquivo de Clima externo com dados de temperatura.
- > *Start*: Data de início para começar a leitura do arquivo no formato dia/mês/ano (o pré-definido é o início do arquivo).
- > *s1*: velocidade média do vento em janeiro (mph ou km/h).
- ...
- s12*: velocidade média do vento em dezembro (mph ou km/h).
- > *Stemp*: temperatura do ar em que a precipitação cai como neve (graus F ou C).
- > *ATlwt*: peso do índice de temperatura antecedente (o valor pré-definido é 0,5).
- > *RNM*: taxa de degelo (valor pré-definido é 0,6).
- > *Elev*: altitude média da área de estudo acima do nível do mar (pés ou m) (o valor pré-definido é 0).
- > *Lat*: latitude da área de estudo em graus Norte (o valor pré-definido é 50).
- > *DTLong*: correção em minutos, entre o tempo solar verdadeiro e o tempo do relógio (valor pré-definido é 0).
- > *f.0*: fração de área coberta por neve quando a razão da altura de neve pela altura de neve com 100% de cobertura é 0.
- ...
- f.9*: fração de área coberta por neve quando a razão da altura de neve pela altura de neve com 100% de cobertura é 0,9.
- > Utiliza-se a linha de comando **TIMESERIES** para ler a temperatura do ar a partir de uma série temporal ou a linha de comando **FILE** para lê-la de um arquivo de clima externo. Arquivos de clima são discutidos na Seção 11.4. Se nenhum formato é indicado, então a temperatura do ar permanece constante em 70 °F.
- > A velocidade do vento pode ser especificada por valores médios mensais ou pelo mesmo arquivo de clima usado para a temperatura do ar. Se nenhuma dessas opções for especificada, então a velocidade do vento é considerada 0.



- > Curvas de Depleção de Área (ADC) separadas podem ser definidas para subáreas impermeáveis e permeáveis. O parâmetro ADC pré-definido é 1,0 (significando nenhuma depleção) se não tiver dados fornecidos por um tipo particular de sub-área.

<b>Seção:</b>	<b>[SUBCATCHMENTS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada sub-bacia dentro da área de estudo. Sub-bacias são unidades de área do terreno que geram o escoamento a partir de precipitações.
<b>Formato:</b>	Nome Rgage OutID Área %Imperv Width Slope Clength (Spack)

#### Observações:

- > *Name*: nome atribuído à sub-bacia.
- > *Rgage*: nome do pluviômetro na seção [**RAINGAGES**] atribuído à sub-bacia.
- > *OutID*: nome do nó ou da sub-bacia que recebe o escoamento superficial da sub-bacia.
- > *Area*: área da sub-bacia (acres ou hectares).
- > *%Imperv*: porcentagem de áreas impermeáveis da sub-bacia.
- > *Width* : largura característica da sub-bacia (pés ou metros).
- > *Slope*: declividade da sub-bacia (porcentagem).
- > *Clength*: comprimento total do meio fio (todas as unidades de comprimento).
- > *Spack*: nome do objeto de acumulação de neve (da seção [**SNOWPACKS**]) que caracteriza a acumulação de neve e o degelo na sub-bacia.

<b>Seção:</b>	<b>[SUBAREAS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Fornece informações sobre as áreas permeáveis e impermeáveis para cada sub-bacia. Cada sub-bacia pode consistir de uma sub-área permeável, uma sub-área impermeável com armazenamento em depressões, e uma sub-área impermeável sem armazenamento em depressões.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat Nimp <u>Nperv</u> Simp Sperv %Zero (RouteTo %Rted)</i>

#### Observações:

- > *Subcat*: nome da sub-bacia.
- > *Nimp*: n de Manning para o escoamento superficial sobre a sub-área impermeável.
- > *Nperv*: n de Manning para o escoamento superficial sobre a sub-área permeável.
- > *Simp*: armazenamento em depressões para sub-área impermeável (pol ou mm).
- > *Sperv*: armazenamento em depressões para sub-área permeável (pol ou mm).
- > *%Zero*: porcentagem de área impermeável sem armazenamento em depressões.
- > *RouteTo*: Use **IMPERVIOUS** se escoamento superficial das áreas permeáveis escoar para área impermeável, **PERVIOUS** se o escoamento impermeáveis escoar para área permeável, ou **OUTLET** se ambas as áreas drenam para a saída da sub-bacia (valor pré-definido = **OUTLET**).
- > *%Rted*: porcentagem do escoamento encaminhado de um tipo de área para outra (pré-definido = 100).

<b>Seção:</b>	[INFILTRATION]
<b>Objetivo:</b>	Fornece parâmetros de infiltração para cada sub-bacia. Perdas de precipitação devido à infiltração ocorrem apenas na sub-área permeável da sub-bacia.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat MaxRate MinRate Decay DryTime MaxInf</i> <i>Subcat Sucção Conduct InitDef</i> <i>Subcat CurveNo Conduct DryTime</i>

### Observações:

- > Subcat: nome da sub-bacia.
- > Infiltração por Horton:
  - *MaxRate*: taxa máxima de infiltração na curva de Horton (em pol/h ou mm/h).
  - *MinRate*: taxa mínima de infiltração na curva de Horton (em pol/h ou mm/h).
  - *Decay*: taxa de decaimento constante da curva de Horton (1/hora).
  - *DryTime*: tempo que o solo leva para passar do estado completamente saturado para o seco (dias).
  - *MaxInf*: volume de infiltração máxima possível (0 se não for o caso) (pol ou mm).
- > Infiltração por Green-Ampt:
  - *Suction*: sucção capilar do solo (pol ou mm).
  - *Conduct*: condutividade hidráulica do solo saturado (em pol/h ou mm/h).
  - *InitDef*: déficit de umidade inicial do solo (volume de vazios/volume total).
- > Infiltração pela Curva Número:
  - *CurveNo*: Número da Curva do SCS.
  - *Conduct*: condutividade hidráulica do solo saturado (em pol/h ou mm/h) (Essa propriedade foi preterida e não é mais usada).
  - *DryTime*: tempo que o solo leva para passar do estado completamente saturado para o seco (dias).

<b>Seção:</b>	[AQUIFERS]
<b>Objetivo:</b>	Fornece parâmetros para cada aquífero não confinado na área de estudo. Aquíferos consistem em duas zonas - a zona inferior saturada e uma zona superior não saturada.
<b>Formato:</b>	<i>Name Por WP FC K Ks Ps UEF LED GWR BE WTE UMC</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao aquífero.
- > *Por*: porosidade do solo (fração volumétrica).
- > *WP*: ponto de murcha do solo (fração volumétrica).
- > *FC*: capacidade de campo do solo (fração volumétrica).
- > *K*: condutividade hidráulica saturada (em pol/h ou mm/h).
- > *Ks*: declividade da curva do logaritmo da condutividade hidráulica versus déficit de umidade (ou seja, porosidade menos umidade) (em pol/h ou mm/h).

- > *Ps*: inclinação da curva de retenção do solo (pol ou mm).
- > UEF: fração de evaporação total disponível para a evapotranspiração na zona superior não saturada.
- > LED: profundidade máxima para a zona inferior saturada em que a evapotranspiração pode ocorrer (pés ou m).
- > GWR: taxa de percolação da zona saturada, para as águas subterrâneas profundas, se o nível estático está na superfície da terra (pol/h ou mm/h).
- > BE: cota do fundo do aquífero (pés ou m).
- > WTE: cota do nível estático no início da simulação (pés ou metros).
- > UMC: teor de umidade da zona não saturada no início da simulação (fração volumétrica).

<b>Seção:</b>	<b>[GROUNDWATER]</b>
<b>Objetivo:</b>	Fornecer parâmetros que determinam a taxa de fluxo entre águas subterrâneas do aquífero de uma sub-bacia e um nó do sistema de transporte.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat Aquífer Node SurfEl A1 B1 A2 B2 A3 TW (H*)</i>

### Observações:

- > *Subcat*: nome da sub-bacia.
- > *Aquífer*: nome do aquífero de águas subterrâneas da sub-bacia.
- > *Node*: nome do nó no sistema de transporte das águas subterrâneas que tem interface com aquífero.
- > *SurfEl*: cota da superfície da sub-bacia (pés ou metros).
- > *A1*: coeficiente de fluxo das águas subterrâneas (ver abaixo).
- > *B1*: expoente de fluxo das águas subterrâneas (ver abaixo).
- > *A2*: coeficiente de fluxo das águas superficiais (ver abaixo).
- > *B2*: expoente de fluxo das águas superficiais (ver abaixo).
- > *A3*: coeficiente de interação Águas Superficiais - Águas Subterrâneas (ver abaixo).
- > *TW*: profundidade fixa das águas superficiais no nó receptor (pés ou m) (definida igual a zero, se a profundidade de água vai variar conforme calculado pelo modelo de transporte de fluxo).
- > *H\**: altura do lençol freático, que deve ser atingido antes que qualquer fluxo ocorra (pés ou m). Deixar vazio, para usar a cota do radier do nó receptor acima da base do aquífero.
- > Os coeficientes de escoamento são utilizados na equação que determina a taxa de fluxo das águas subterrâneas com base nos níveis da água subterrânea e da superfície:

$$Q_{gw} = A1 (H_{gw} - H^*)^{B1} - A2 (H_{sw} - H^*)^{B2} + A3 H_{gw} H_{sw}$$

onde:

$Q_{gw}$  = fluxo das águas subterrâneas = (cfs por acre ou m<sup>3</sup>/s por hectare)

$H_{gw}$  = altura da zona saturada acima da base do aquífero (pés ou m)

$H_{sw}$  = altura da água de superfície no nó receptor acima da base do aquífero (pés ou m)

$H^*$  = altura limite do lençol freático (pés ou m) para ocorrer escoamento.

<b>Seção:</b>	[SNOWPACKS]
<b>Objetivo:</b>	Especifica os parâmetros que determinam a acumulação de neve e o degelo nas superfícies com remoção mecânica, impermeáveis e permeáveis na sub-bacia.
<b>Formato:</b>	<i>Name</i> <b>PLOWABLE</b> <i>Cmin Cmax TBase FWF SD0 FW0 SNN0</i> <i>Name</i> <b>IMPERVIOUS</b> <i>Cmin Cmax TBase FWF SD0 FW0 SD100</i> <i>Name</i> <b>PERVIOUS</b> <i>Cmin Cmax TBase FWF SD0 FW0 SD100</i> <i>Name</i> <b>REMOVAL</b> <i>Dplow Fout Fimp Fperv Fimelt (Fsub Scatch)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao conjunto de parâmetros.
- > *Cmin*: coeficiente mínimo de degelo (in/hr F-graus ou mm/h C-graus).
- > *Cmax*: coeficiente máximo de degelo (in/hr F-graus ou mm/h C-graus).
- > *TBase*: temperatura base de degelo (graus F ou C).
- > *FWF*: relação da capacidade de água livre existente versus profundidade de neve (fração).
- > *SD0*: profundidade inicial de neve (pol ou mm equivalente de água).
- > *FW0*: água inicialmente livre na acumulação de neve (pol ou mm).
- > *SNN0*: fração da área impermeável que pode ser removida mecanicamente.
- > *SD100*: profundidade da neve acima da qual há cobertura de 100% (em pol ou mm equivalente de água).
- > *SDplow*: profundidade de neve em áreas de remoção mecânica quando a remoção de neve é iniciada (pol ou mm).
- > *Fout*: fração de neve, na zona com remoção mecânica, transferida para fora da bacia.
- > *Fimp*: fração de neve, na zona com remoção mecânica, transferida para a área impermeável durante remoção
- > *Fperv*: fração de neve, na zona com remoção mecânica, transferida para a área permeável durante remoção.
- > *Fimelt*: fração de neve, na zona com remoção mecânica, convertida em degelo imediato.
- > *Fsub*: fração de neve, na zona com remoção mecânica, transferida para a área permeável em outra sub-bacia.
- > *Scatch*: nome da sub-bacia que recebe a fração de neve transferida com *Fsub*.
- > Use um conjunto de linhas **PLOWABLE**, **IMPERVIOUS** e **PERVIOUS** para cada conjunto de parâmetros de acumulação de neve criado. Os conjuntos de parâmetros de acumulação de neve estão associados com sub-bacias específicas na seção [SUBCATCHMENTS]. As sub-bacias múltiplas podem compartilhar o mesmo conjunto de parâmetros de neve.

- > A linha **PLOWABLE** contém parâmetros para a área impermeável de uma sub-bacia que está sujeita à remoção de neve, mas não à depleção de área. Esta área é a fração *SNN0* da área total impermeável. A linha **IMPERVIOUS** contém os valores dos parâmetros para a área remanescente impermeável e a linha **PERVIOUS** faz o mesmo para toda a área permeável. As últimas áreas estão sujeitas à depleção de área.
- > A linha **REMOVAL** descreve como a neve retirada da área com remoção mecânica é transferida para outras áreas. As frações de diversas transferências devem somar, no máximo, 1,0. Se a linha for omitida, então, não ocorre a remoção de neve.

<b>Seção:</b>	<b>[JUNCTIONS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada nó de conexão do sistema de drenagem. Junções são pontos no espaço onde são conectados os canais e as tubulações. Para os sistemas de esgoto, podem ser adaptações entre tubos ou podem ser poços de visita.
<b>Formato:</b>	<i>Name Elev (Ymax Y0 Ysur Apond)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao nó da conexão.
- > *Elev*: cota do radier (pés ou metros).
- > *Ymax*: distância da superfície do solo ao radier (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Y0*: profundidade da água no início da simulação (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Ysur*: cota piezométrica máxima adicional, sobre a elevação do terreno, que a conexão de bueiro pode sustentar em condições de transbordamento (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Apond*: área alagada quando a profundidade excede *Ymax* (ft<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>) (o pré-definido é 0).

<b>Seção:</b>	<b>[OUTFALLS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada nó exutório (ou seja, o limite final a jusante) do sistema de drenagem e a cota do nível da água correspondente. Apenas um conduto pode chegar a um nó exutório.
<b>Formato:</b>	<i>Name Elev FREE Gate</i>
	<i>Name Elev NORMAL Gate</i>
	<i>Name Elev FIXED Stage Gate</i>
	<i>Name Elev TIDAL Tcurve Gate</i>
	<i>Name Elev TIMESERIES Tseries Gate</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao nó exutório.
- > *Elev*: cota do radier (pés ou metros).
- > *Stage*: cota do nível de água na saída caso esteja fixo (pés ou m).
- > *Tcurve*: nome de curva na seção [**CURVES**] que contém a altura das marés (ou seja, estado do nível da água no exutório) versus horas do dia ao longo de um ciclo completo de maré.
- > *Tseries*: nome de séries temporais na seção [**TIMESERIES**] que descreve como o nível da água na saída do exutório varia com o tempo.

- > *Gate*: YES ou NO, dependendo se há um dispositivo de retenção que impede o fluxo inverso.

<b>Seção:</b>	<b>[DIVISORES]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada nó divisor de fluxo do sistema de drenagem. Divisores de fluxo são conexões com exatamente dois condutos de saída, onde a vazão total é dividida entre os dois em uma forma prescrita.
<b>Formato:</b>	<i>Name Elev DivLink <b>OVERFLOW</b> (Ymax Y0 Ysur Apond)</i> <i>Name Elev DivLink <b>CUTOFF</b> Qmin (Ymax Y0 Ysur Apond)</i> <i>Name Elev DivLink <b>TABULAR</b> Dcurve (Ymax Y0 Ysur Apond)</i> <i>Name Elev DivLink <b>WEIR</b> Qmin Ht Cd (Ymax Y0 Ysur Apond)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao nó divisor.
- > *Elev*: cota do radier (pés ou metros).
- > *DivLink*: nome do conduto para o qual o fluxo é desviado.
- > *Qmin*: valor do fluxo acima do qual começa a divisão de fluxo, tanto para os divisores de tipo **CORTE (CUTOFF)** ou **VERTEDOR (WEIR)** (unidades de fluxo).
- > *Dcurve*: nome de curva para o divisor **TABULAR** que relaciona fluxo desviado ao fluxo total.
- > *Ht*: altura do divisor tipo **VERTEDOR (WEIR)** (pés ou metros).
- > *Cd*: coeficiente de descarga para o divisor tipo **VERTEDOR (WEIR)**.
- > *Ymax*: altura da superfície do solo em relação ao radier (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Y0*: profundidade da água no início da simulação (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Ysur*: cota piezométrica máxima adicional sobre a elevação do terreno que o nó pode suportar em condições de sobrecarga (pés ou m) (pré-definido é 0).
- > *Apond*: área alagada se a profundidade excede *Ymax* (ft<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>) (o pré-definido é 0).

<b>Seção:</b>	<b>[STORAGE]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada nó de armazenamento do sistema de drenagem. Os nós de armazenamento podem ter qualquer forma especificada pela relação entre a área de superfície versus a profundidade da água.
<b>Formato:</b>	<i>Name El Ymax Y0 <b>TABULAR</b> Acurve (Apond Fevap SH HC IMD)</i> <i>Name El Ymax Y0 <b>FUNCTIONAL</b> A1 A2 A0 (Apond Fevap SH HC IMD)</i>

### Observações:

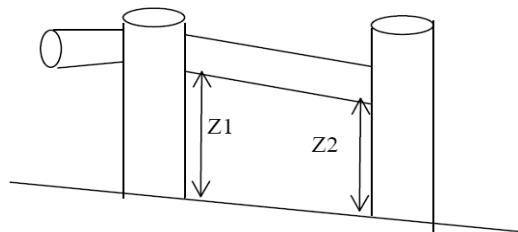
- > *Name*: nome atribuído ao nó de armazenamento.
- > *Elev*: cota do radier (pés ou m).
- > *Ymax*: profundidade máxima de água (pés ou m).
- > *Y0*: profundidade de água no início da simulação (pés ou m).
- > *Acurve*: nome da curva na seção [**CURVES**] com área de superfície (pés<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>) em função da profundidade (pés ou m) para a geometria **TABULAR**.
- > *A1*: coeficiente da relação **FUNCTIONAL** entre superfície e profundidade.

- >  $A_2$ : expoente da relação **FUNCIONAL** entre superfície e profundidade.
- >  $A_0$ : constante da relação **FUNCIONAL** entre superfície e profundidade.
- >  $A_{pond}$ : área alagada de água se a profundidade excede  $Y_{max}$  (pés<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>) (o valor pré-definido é 0).
- >  $F_{evap}$ : fração da evapotranspiração potencial da superfície (o pré-definido é 0).
- > Os seguintes parâmetros de infiltração de Green-Ampt são usados somente quando o nó de armazenamento é destinado a funcionar como uma bacia de infiltração:
  - $SH$ : sucção capilar na frente de umedecimento (pol ou mm).
  - $HC$ : condutividade hidráulica do solo saturado (pol/h ou mm/h).
  - $IMD$ : déficit de umidade inicial do solo (volume de vazios/volume total).
- >  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_0$  são utilizados na seguinte expressão que relaciona a área de superfície (pés<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>) e a profundidade da água (pés ou m) para uma unidade de armazenamento com geometria **FUNCIONAL**:  $Área = A_0 + A_1 \times Depth^{A_2}$ .

<b>Seção:</b>	[CONDUITS]
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada conduto do sistema de drenagem. Os condutos são tubos ou canais que transportam água de um nó para outro.
<b>Formato:</b>	<i>Name Node1 Node2 Length N Z1 Z2 (Q0)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao conduto.
- > *Node1*: nome do nó montante.
- > *Node2*: nome do nó jusante.
- > *Length*: comprimento do conduto (pés ou m).
- > *N*: o valor de  $n$  (ou seja, o parâmetro de rugosidade) da equação de Manning.
- > *Z1*: offset da extremidade de montante do conduto (pés ou m).
- > *Z2*: offset da extremidade de jusante do conduto (pés ou m).
- >  $Q_0$ : fluxo no conduto no início da simulação (unidades de fluxo) (o valor pré-definido é 0).
- > A figura abaixo ilustra o significado dos parâmetros  $Z1$  e  $Z2$ .



- > O offset é expresso como a distância relativa acima do nó do radier se a opção **LI NK\_OFFSETS** é definida com **DEPTH** (o pré-definido), ou como a cota absoluta da geratriz inferior do conduto, caso ela esteja definida com **COTA**.



<b>Seção:</b>	<b>[PUMPS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada bomba do sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Name Node1 Node2 Pcurve (Status Startup Shutoff)</i>

### Observações:

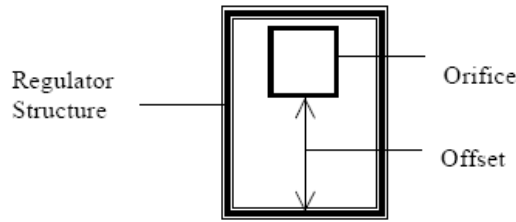
- > *Name*: nome atribuído à bomba.
- > *Node1*: nome do nó na entrada da bomba.
- > *Node2*: nome do nó na saída da bomba.
- > *Pcurve*: nome de curva da bomba listado na seção **[CURVES]** da entrada.
- > *Status*: estado no início da simulação (**ON** ou **OFF**; pré-definido é **ON**).
- > *Startup*: profundidade no nó de entrada quando a bomba é ligada (pés ou m) (o pré-definido é 0).
- > *Shutoff*: profundidade no nó de entrada quando a bomba desliga-se (pés ou m) (o pré-definido é 0).
- > Veja Seção 3.2 para uma descrição dos diferentes tipos de bombas disponíveis.

<b>Seção:</b>	<b>[ORIFICES]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada orifício do sistema de drenagem. Um orifício serve para limitar o fluxo de saída de um nó e é frequentemente usado para modelar as derivações de fluxo.
<b>Formato:</b>	<i>Name Node1 Node2 Type Offset Cd (Flap Orate)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao orifício.
- > *Node1*: nome do nó na entrada do orifício.
- > *Node2*: nome do nó na saída do orifício.
- > *Type*: orientação do orifício: **SIDE (LATERAL)** ou **BOTTOM (NO FUNDO)**.
- > *Offset*: altura do fundo de um orifício (**SIDE**) ou da posição de um orifício (**BOTTOM**) acima do radier do nó de entrada (pés ou m, expressa como uma profundidade ou uma cota, dependendo da configuração da opção **LINK\_OFFSETS**).
- > *Cd*: coeficiente de descarga (sem unidade).
- > *Flap*: **YES** se existe um dispositivo de retenção que impede o fluxo reverso, **NO** se não existe (o pré-definido é **NO**).
- > *Orate*: tempo em horas decimais para abrir um orifício completamente fechado (ou fechar um orifício totalmente aberto). Use 0 se o orifício pode abrir/fechar instantaneamente.
- > A geometria da abertura de um orifício é descrita na seção **[XSECTIONS]**. As formas permitidas são **CIRCULAR** e **RECT\_CLOSED** (retangular fechada).





<b>Seção:</b>	<b>[WEIRS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada vertedor do sistema de drenagem. Vertedores são usados para derivar o fluxo em um nó.
<b>Formato:</b>	<i>Name Node1 Node2 Type Offset Cd (Flap EC Cd2)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao vertedor.
- > *Node1*: nome do nó na entrada do vertedor.
- > *Node2*: nome do nó na saída de vertedor.
- > *Type*: **TRANSVERSE**, **SIDEFLOW**, **V-NOTCH** ou **TRAPEZOIDAL**.
- > *Offset*: altura da crista do vertedor acima do radier do nó de entrada (pés ou m, expressa como uma profundidade ou uma cota, dependendo da configuração da opção **LINK\_OFFSETS**).
- > *Cd*: coeficiente de descarga (CFS para unidades de fluxo dos EUA ou  $m^3.s^{-1}$  para unidades métricas).
- > *Flap*: **YES** se existe um dispositivo de retenção que impede o fluxo reverso, **NO** se não existe (o pré-definido é **NO**).
- > *EC*: número de contrações finais para vertedores **TRANSVERSE** ou **TRAPEZOIDAIS** (o pré-definido é 0).
- > *Cd2*: coeficiente de descarga para as extremidades triangulares de um vertedor **TRAPEZOIDAL** (CFS para unidades de fluxo dos EUA ou  $m^3.s^{-1}$  para unidades métricas) (pré-definido é o valor do *Cd*).
- > A geometria da abertura de um vertedor é descrita na seção **[XSECTIONS]**. As seguintes formas devem ser usadas com cada tipo de vertedor:

Tipo de vertedor	Forma da seção transversal
Transverse	RECT_OPEN
Sideflow	RECT_OPEN
V-Notch	TRIANGULAR
Trapezoidal	TRAPEZOIDAL

<b>Seção:</b>	<b>[OUTLETS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica cada dispositivo de controle de fluxo tipo bocais do sistema de drenagem. Estes dispositivos são utilizados para modelar os fluxos de saída de unidades de armazenamento ou a derivação de fluxo em um nó, quando há uma relação definida pelo usuário entre a vazão e a profundidade da água.
<b>Formato:</b>	<i>Name Node1 Node2 Offset TABULAR/DEPTH Qcurve (Flap)</i>
	<i>Name Node1 Node2 Offset TABULAR/HEAD Qcurve (Flap)</i>
	<i>Name Node1 Node2 Offset FUNCTIONAL/DEPTH C1 C2 (Flap)</i>
	<i>Name Node1 Node2 Offset FUNCTIONAL/HEAD C1 C2 (Flap)</i>

**Observações:**

- > *Name*: nome atribuído ao bocal.
- > *Node1*: nome do nó na entrada do bocal.
- > *Node2*: nome do nó na saída do bocal.
- > *Offset*: altura do bocal acima do radier do nó de entrada (pés ou m, expressa como uma profundidade ou uma cota, dependendo da configuração **LINK\_OFFSETS**).
- > *Qcurve*: nome da curva de descarga indicada na seção [**CURVES**] que descreve o fluxo de saída (unidades de fluxo) em função de:
  - profundidade da água acima da altura do offset para um bocal tipo **TABULAR/DEPTH** (pés ou metros)
  - diferença de cota piezométrica (pés ou m) entre os nós de entrada e saída para um bocal tipo **TABULAR/HEAD**.
- > *C1, C2*: coeficiente e expoente, respectivamente, de uma função do tipo potência que relaciona a vazão (Q) com a:
  - profundidade da água (pés ou m) acima da altura do offset no nó de entrada para um bocal tipo **FUNCTIONAL/DEPTH**
  - diferença de cota piezométrica (pés ou m) entre os nós de entrada e de saída para um bocal tipo **FUNCTIONAL/HEAD**.
  - por exemplo,  $Q = C1(H)^{C2}$  onde H é a profundidade acima do offset ou a diferença de cota piezométrica.
- > *Flap*: **YES** se existe um dispositivo de retenção para impedir o fluxo reverso, **NO** se não existe (o pré-definido é **NO**).

<b>Seção:</b>	[ <b>XSECTIONS</b> ]
<b>Objetivo:</b>	Fornecer dados geométricos da seção transversal para condutos e reguladores nas conexões do sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Link Shape Geom1 Geom2 Geom3 Geom4 ( Barrels Culvert )</i> <i>Link CUSTOM Geom1 Curve ( Barrels )</i> <i>Link IRREGULAR Tsect</i>

**Observações:**

- > *Link*: nome do conduto, orifício ou vertedor.
- > *Shape*: forma de seção transversal (ver quadros abaixo D-1 ou 3-1 para formas disponíveis).
- > *Geom1*: altura máxima da seção transversal (pés ou m).
- > *Geom2-4*: parâmetros auxiliares (largura, declividades laterais etc.) constando na Tabela D-1.
- > *Barrels*: número de tubos paralelos (ou seja, o número de tubos paralelos de mesmo tamanho, inclinação e rugosidade) associados em um único conduto (o número pré-estabelecido é 1).
- > *Culvert*: código do bueiro contido da tabela A.10, que descreve a entrada do bueiro caso esta possa controlar o fluxo no bueiro (caso contrário, deixar vazio).

- > *Curve*: nome da curva na seção [**CURVES**] que define a forma do conduto (como a largura varia com a profundidade).
- > *Tsect*: nome de uma entrada na seção [**TRANSECTS**] que descreve a geometria da seção transversal de um canal irregular.
- > O número de código de bueiros é utilizado apenas para condutos que atuam como bueiros e devem-se analisar as condições de controle pela seção de entrada usando o método FHWA HEC-5.
- > A forma **CUSTOM** é um canal fechado, cuja função largura versus altura é descrita por uma curva fornecida pelo usuário.
- > Uma seção transversal **IRREGULAR** é usada para modelar um canal aberto cuja geometria é descrita por um objeto **Seção Transversal Irregular**.

Tabela D-1. Parâmetros geométricos da seção transversal de condutos.

Forma	Geom1	Geom2	Geom3	Geom4
CIRCULAR	Diâmetro			
FORCE_MAIN	Diâmetro	Coefficiente de rugosidade <sup>1</sup>		
FILLED_CIRCULAR <sup>2</sup>	Diâmetro	Profundidade dos sedimentos		
RECT_CLOSED	Altura total	Largura superior		
RECT_OPEN	Altura total	Largura superior		
TRAPEZOIDAIS	Altura total	Largura da Base	Declividade do lado esquerdo	Declividade do lado direito
TRIANGULAR	Altura total	Largura superior		
HORIZ_ELLIPSE	Altura total	Máx. Largura <sup>3</sup>		
VERT_ELLIPSE	Altura total	Máx. Largura <sup>3</sup>		
ARCH (pré-definido)	Código do Tamanho <sup>4</sup>			
ARCH (não standard)	Altura total	Largura Máx.		
PARABOLICA	Altura total	Largura superior		
POWER	Altura total	Largura superior	Expoente	
RECT_TRIANGULAR	Altura total	Largura superior	Triângulo Altura	
RECT_ROUND	Altura total	Largura superior	Raio no fundo	
MOVBASKETHANDLE	Altura total	Largura da Base	Raio da parte superior <sup>5</sup>	
EGG	Altura total			
FERRADURA	Altura total			

GOTHIC	Altura total			
CATENÁRIA	Altura total			
SEMIELLIPTICAL	Altura total			
BASKETHANDLE	Altura total			
SEMICIRCULARES	Altura total			

<sup>1</sup> Fatores C são usados quando **H-W** é a escolhida na **FORCE\_MAIN\_EQUATION** na Seção [**OPTIONS**], enquanto a rugosidade (polegadas ou mm) é usada para **D-W**.

<sup>2</sup> Conduto circular parcialmente preenchido com sedimentos até a profundidade especificada.

<sup>3</sup> Colocar zero para usar um tubo em forma elíptica padrão, catalogada nas publicações mencionadas na nota a seguir.

<sup>4</sup> As listadas tanto no "Concrete Pipe Design Manual", publicado pela American Concrete Pipe Association ou "Modern Sewer Design", publicado pela American Iron and Steel Institute.

<sup>5</sup> Colocar zero para usar uma forma padrão modificado tipo "baskethandle", cujo raio superior é a metade da largura de base.

<b>Seção:</b>	[ <b>LOSSES</b> ]
<b>Objetivo:</b>	Especifica os coeficientes de perdas de carga localizadas em condutos e comportas.
<b>Formato:</b>	<i>Conduit Kentry Kexit Kavg (Flap)</i>

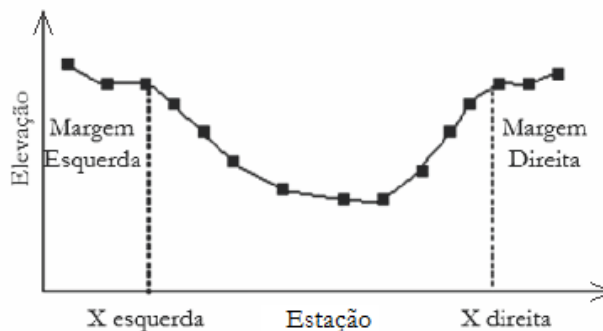
### Observações:

- > *Conduit*: nome do conduto.
- > *Kentry*: coeficiente da perda de carga localizada na entrada.
- > *Kexit*: coeficiente de perda de carga localizada na saída.
- > *Kavg*: média do menor coeficiente de perda de carga hidráulica localizada ao longo do conduto.
- > *Flap*: **YES** se o conduto tem uma válvula que impede o retorno do fluxo, **NO** caso contrário. (O pré-definido é **NO**).
- > As perdas localizadas são computadas apenas para a opção de modelo de transporte de fluxo pela onda dinâmica (ver seção [**OPTIONS**]). Elas são computadas como  $Kv^2/2g$  onde  $K$  = coeficiente de perda,  $v$  = velocidade e  $g$  = aceleração da gravidade. Perdas na entrada são baseadas na velocidade de entrada do canal, perdas de saída na velocidade de saída do canal, e perdas médias na velocidade média.
- > Apenas digite dados para condutos que realmente têm perdas ou dispositivos de retenção.

<b>Seção:</b>	[TRANSECTS]
<b>Objetivo:</b>	Descreve a geometria de seção transversal de canais naturais ou condutos com formas irregulares, seguindo o formato de dados de HEC-2.
<b>Formato:</b>	<i>NC Nleft Nright Nchanl</i> <i>XI Name Nsta Xleft Xright 0 0 0 Lfactor Wfactor Eoffset</i> <i>GR Elev Station ... Elev Station</i>

### Observações.

- > *Nleft*: coeficiente n de Manning para a margem aluvial esquerda do canal (use 0 se nenhuma mudança existe em relação à linha NC anterior).
- > *Nright*: coeficiente n de Manning para a margem aluvial direita do canal (use 0 se nenhuma mudança existe em relação à linha NC anterior).
- > *Nchanl*: coeficiente n de Manning para a parte principal do canal (use 0 se não houver mudança em relação à linha NC anterior).
- > *Name*: nome atribuído à seção transversal.
- > *Nsta*: número de verticais ao longo da transect horizontal nas quais serão fornecidos dados de cota.
- > *Xesquerdo*: abscissa da vertical, no lado esquerdo, quando termina a margem aluvial esquerda (pés ou m).
- > *Xdireito*: abscissa da vertical, na qual inicia a margem aluvial direita do canal (pés ou m).
- > *Lfactor*: fator de ajuste dos meandros. Representa a razão entre o comprimento de um canal sinuoso pelo comprimento da área de margem aluvial a redor do canal. (uso 0 se não aplicável).
- > *Wfactor*: fator pelo qual as distâncias entre as verticais devem ser multiplicadas para aumentar (ou diminuir) a largura do canal (entre 0 se não for aplicável).
- > *Eoffset*: valor adicionado (ou subtraído) a partir da cota de cada ponto no transect correspondendo a uma vertical (pés ou m).
- > *Elev*: cota do fundo do canal da seção transversal em relação a alguma referência fixa (pés ou m).
- > *Station*: distância da vertical da seção transversal a partir de uma referência fixa (pés ou m).
- > A geometria da seção transversal é descrita como mostrado na figura abaixo, supondo que se está olhando na direção a jusante:



- > A primeira linha desta seção deve ser sempre uma linha **NC**. Depois disso, a linha **NC** só é necessária quando for modificado o valor de n em relação à linha

- anterior em uma seção transversal que apresenta diversos valores para o coeficiente de Manning.
- > Os valores do *n* de Manning na linha **NC** substituirão qualquer valor de rugosidade inscrita para o conduto que utiliza a seção transversal irregular.
  - > Deve existir uma linha **X1** para cada seção transversal. Quaisquer números de linhas **GR** podem seguir, e cada linha **GR** pode ter qualquer número de pares de dados *cota-abcissa*. (Em HEC-2 a linha **GR** é limitada a 5 pontos).
  - > O ponto que define a vertical do limite da margem aluvial esquerda na linha **X1** deve corresponder a uma das entradas de vertical nas linhas de **GR** que se seguem. O mesmo vale para o ponto limite à direita (início da margem aluvial direita). Se não houver nenhuma correspondência, um aviso será emitido e o programa irá assumir que não existe área de transbordamento.
  - > O fator de ajuste para os meandros é aplicado a todos os canais que usam este objeto 'TRANSECT' para descrever a sua seção transversal. Presume-se que o comprimento fornecido para estes canais é o do maior canal principal. O SWMM irá usar o comprimento mais curto da margem aluvial nos seus cálculos, e aumentará a rugosidade do canal principal para explicar o maior comprimento.

<b>Seção:</b>	<b>[CONTROLS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Determina como o funcionamento de bombas e reguladores serão ajustados, considerando o tempo de simulação ou condições específicas em nós e trechos.
<b>Formato:</b>	Cada regra de controle é uma série de declarações da forma: <b>RULE</b> <i>ruleID</i> <b>IF</b> <i>condition_1</i> <b>AND</b> <i>condition_2</i> <b>OR</b> <i>condition_3</i> <b>AND</b> <i>condition_4</i> Etc. <b>THEN</b> <i>action_1</i> <b>AND</b> <i>action_2</i> Etc. <b>ELSE</b> <i>action_3</i> <b>AND</b> <i>action_4</i> Etc. <b>PRIORITY</b> <i>value</i>

### Observações:

- > *RuleID*: uma etiqueta de identificação atribuída à regra.
- > *condition\_n*: uma cláusula de condição.
- > *action\_n*: uma cláusula de ação.
- > *value*: um valor de prioridade (por exemplo, um número de 1 a 5).
- > A cláusula de condição de uma regra de controle tem o seguinte formato:

*Object Name Attribute Relation Value*

Onde *Object* é uma categoria de objeto, *Name* é o nome do objeto de identificação (ID), *Attribute* é o nome de um atributo ou propriedade do objeto, o operador *Relation* é um relação (=, <>, <, <=, >, >=), e *Value* é um valor de atributo.

- > Alguns exemplos de cláusulas de condição são:

```
NODE N23 DEPTH > 10
PUMP P45 STATUS = OFF
SIMULATION TIME = 12:45:00
```

- > Os objetos e atributos que podem aparecer em uma cláusula de condição são os seguintes:

Objeto	Atributos	Valores
<b>NODE</b>	DEPTH HEAD INFLOW	valor numérico valor numérico valor numérico
<b>LINK</b>	FLOW DEPTH	valor numérico valor numérico
<b>PUMP</b>	STATUS FLOW	ON ou OFF valor numérico
<b>ORIFICE</b>	SETTING	fração aberta
<b>WEIR</b>	SETTING	fração aberta
<b>SIMULATION</b>	TIME	tempo decorrido em horas decimais ou hr:min:seg
<b>SIMULATION</b>	DATE CLOCKTIME	mês-dia-ano hora do dia em hr:min:seg

- > Uma cláusula de ação de uma regra de controle pode ter um dos seguintes formatos:

```
PUMP id STATUS = ON/OFF
PUMP/ORIFICE/WEIR/OUTLET id SETTING = value
```

Onde o significado de SETTING (na tabela) depende do objeto a ser controlado:

- para Bombas, é um multiplicador aplicado sobre o fluxo calculado a partir da curva da bomba;
  - para Orifícios, é a quantidade fracionária do orifício totalmente aberto;
  - para Vertedores, é a fração da lâmina de água acima da soleira (ou seja, o controle de um vertedor é realizado movendo-se a altura da soleira para cima ou para baixo);
  - para Bocais, é um multiplicador aplicado sobre o fluxo calculado a partir da curva de descarga.
- > Controles de modulação são regras de controle que asseguram um grau de controle contínuo aplicado a uma bomba ou regulador de fluxo, conforme determinado pelos valores de alguma variável do controlador, tal como a profundidade da água em um nó ou pelo tempo. A relação funcional entre a configuração de controle e a variável de controle é especificada usando uma curva de controle, uma série temporal, ou um controlador PID. Para modelar esse tipo de controle, a entrada de *value* no lado direito da cláusula de ação passa a ter a palavra-chave **CURVE**, **TIMESERIES**, ou **PID** e seguido do nome do ID da respectiva curva de controle ou da série temporal; ou pelo ganho, o tempo integral (em minutos) e o tempo derivativo (em minutos) de um controlador PID. Para o controle de ação direta, o ganho é um número positivo, enquanto para o controle de ação reversa deve ser um número negativo. Por convenção, a variável de controle utilizada em uma curva de controle ou controle PID será sempre o

objeto e atributo da última cláusula de condição na regra. O valor especificado para esta cláusula será o valor nominal de um controlador PID.

- > Alguns exemplos de cláusulas de ação são:

```
PUMP P67 STATUS = OFF
ORIFICE O212 SETTING = 0.5
WEIR W25 SETTING = CURVE C25
ORIFICE ORI_23 SETTING = PID 0.1 0.1 0.0
```

- > Apenas os termos **RULE**, **IF** e **THEN** de uma regra são necessários; os termos restantes são opcionais. E quando as cláusulas **AND** e **OR** são usadas em conjunto, o operador **OR** tem maior prioridade que **AND**, por exemplo:

*IF A or B and C*

é equivalente a

*IF (A or B) and C.*

Se a interpretação era para ser

*IF A or (B and C)*

então este pode ser expresso utilizando duas regras como em

*IF A THEN ...*

*IF B and C THEN ...*

- > O valor **PRIORITY** é usado para determinar qual regra se aplica, quando duas ou mais regras exigem que as ações conflituosas sejam tomadas em um trecho. A regra sem um valor de prioridade, sempre terá uma prioridade menor que uma com um valor. Para duas regras com o mesmo valor de prioridade, a regra que aparece primeiro tem a maior prioridade.

### Exemplos:

; controle da bomba baseado no tempo simples.

```
RULE R1
IF SIMULATION TIME > 8
THEN PUMP 12 STATUS = ON
ELSE PUMP 12 STATUS = OFF
```

; controle de um orifício em condições múltiplas.

```
RULE R2A
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0.5
```

```
RULE R2B
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 200
THEN ORIFICE R55 SETTING = 1.0
```

```
RULE R2C
IF NODE 23 DEPTH <= 12
OR LINK 165 FLOW <= 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0;
```



regra de controle PID

```
RULE PID_1
IF NODE 23 DEPTH <> 12
THEN ORIFICE R55 SETTING = PID 0.5 0.1 0.0
```

; operação de bomba

```
RULE R3A
IF NODE N1 DEPTH > 5
THEN PUMP N1A STATUS = ON
```

```
RULE R3B
IF NODE N1 DEPTH > 7
THEN PUMP N1B STATUS = ON
```

```
RULE R3C
IF NODE N1 DEPTH <= 3
THEN PUMP N1A STATUS = OFF
AND PUMP N1B STATUS = OFF
```

<b>Seção:</b>	<b>[POLLUTANTS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Identifica os agentes poluentes em análise.
<b>Formato:</b>	<i>Name Units Crain Cgw Cii Kd (Sflag CoPoll CoFract Cdwf)</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao poluente.
- > *Units*: unidades da concentração (mg/L para miligramas por litro, UG/L para microgramas por litro, ou #/L para contagem direta por litro).
- > *Crain*: concentração de poluentes nas chuvas (em unidades de concentração).
- > *Cgw*: concentração de poluentes nas águas subterrâneas (unidades de concentração).
- > *Cii*: concentração de poluentes no fluxo afluente/infiltração (unidades de concentração).
- > *Kdecay*: coeficiente de decaimento de primeira ordem (1/dias).
- > *Sflag*: **YES** se o acúmulo de poluentes ocorre somente quando há cobertura de neve; caso contrário a opção é **NO** (o valor pré-definido é **NO**).
- > *CoPoll*: nome do copolvente (o valor pré-definido é sem copolvente).
- > *CoFract*: fração da concentração de copolvente (o valor pré-definido é 0).
- > *Cdwf*: concentração de poluente no fluxo no tempo seco (unidades de concentração).
- > **FLOW** é uma palavra reservada e não pode ser usado para nomear um poluente.
- > Se o acúmulo de poluentes não é restrito aos tempos de precipitação da neve e não há copolventes, então, os três últimos parâmetros podem ser omitidos.
- > Quando o poluente X tem um copolvente Y, isso significa que *CoFract*, fração da concentração de poluentes Y, no escoamento é adicionado à concentração de poluentes X no escoamento, quando a lixiviação na sub-bacia é computada.

- > A concentração de fluxo no tempo seco pode ser substituída em qualquer nó específico do sistema de transporte, editando a propriedade do nó.

<b>Seção:</b>	[LANDUSES]
<b>Objetivo:</b>	Identifica as diversas categorias de usos do solo dentro da área de drenagem. A cada área da sub-bacia pode ser atribuída uma composição de diferentes usos do solo. Para cada uso de solo pode ser atribuída uma programação diferente da limpeza de rua.
<b>Formato:</b>	<i>Name (SweepInterval Availability LastSweep)</i>

#### Observações:

- > *Name*: nome do uso do solo.
- > *SweepInterval*: intervalo em dias entre limpeza de ruas.
- > *Availability*: fração de acúmulo de poluentes disponíveis para a remoção.
- > *LastSweep*: dias desde a última limpeza no início da simulação.

<b>Seção:</b>	[COVERAGES]
<b>Objetivo:</b>	Especifica a porcentagem de uma área na sub-bacia que é coberta por cada categoria de uso do solo.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat Landuse Percent Landuse Percent . . .</i>

#### Observações:

- > *Subcat*: nome da sub-bacia.
- > *Landuse*: nome de uso do solo.
- > *Percent*: porcentagem da área da sub-bacia.
- > Mais de um par [uso do solo - porcentagem] podem ser escritos em uma linha. Se for necessária mais de uma linha, então o nome da sub-bacia deve ser reescrito em primeiro lugar nas linhas seguintes.
- > Se o uso do solo não pertence a uma sub-bacia, então ele não precisa ser digitado.
- > Se não há usos do solo associado a uma sub-bacia, então nenhum contaminante irá aparecer no escoamento da sub-bacia.

<b>Seção:</b>	[BUILDUP]
<b>Objetivo:</b>	Especifica a taxa à qual os agentes poluentes se acumulam em diferentes usos do solo entre eventos chuvosos.
<b>Formato:</b>	<i>Landuse Pollutant FuncType C1 C2 C3 PerUnit</i>

#### Observações:

- > *Landuse*: nome de uso do solo.
- > *Pollutant*: nome do agente poluente.
- > *FuncType*: tipo de função do acumulação: (**POW/EXP/SAT/EXT**).
- > *C1, C2, C3*: parâmetros da função do acumulação (ver Tabela D-2).
- > *PerUnit*: **AREA** se a acumulação é por unidade de área; **CURBLENGTH** se é por comprimento do meio fio.
- > A acumulação é medida em quilos (kg) por unidade de área (ou comprimento do meio fio) para os agentes poluentes cuja unidade de concentração é mg/L ou

ug/L. Se as unidades de concentração são contagens/L, a quantidade acumulada é expressa como contagem por unidade de área (ou comprimento do meio-fio).

Tabela D.2 - Funções de acumulação de agente poluente disponíveis (t são os dias antecedentes secos).

Nome	Função	Equação
<b>POW</b>	Potência	$\text{Min}(C1, C2 * t^{C3})$
<b>EXP</b>	Exponencial	$C1 * (1 - \exp(-C2 * t))$
<b>SAT</b>	Saturação	$C1 * t / (C3 + t)$
<b>EXT</b>	Externo	Veja abaixo

Para a função de acumulação EXT, C1 é a quantidade acumulável máxima possível (massa por área ou por comprimento do meio-fio), C2 é o fator de escala, e C3 é o nome de uma série temporal que contém as taxas de acumulação (como massa por área ou por comprimento do meio-fio por dia) como uma função do tempo.

<b>Seção:</b>	[WASHOFF]
<b>Objetivo:</b>	Especifica a taxa na qual os agentes poluentes são removidos para diferentes usos do solo durante os eventos chuvosos.
<b>Formato:</b>	<i>Landuse Pollutant FuncType C1 C2 SweepEffic BMPEffic</i>

### Observações:

- > *Landuse*: nome do uso do solo.
- > *Pollutant*: nome do agente poluente.
- > *FuncType*: tipo de função de lixiviação: EXP/RC/EMC.
- > *C1, C2*: coeficientes da função de lixiviação (ver Tabela D-3).
- > *SweepEffic*: eficiência da limpeza de rua (porcentagem).
- > *BMPEffic*: eficiência de remoção de BMP (porcentagem).

Tabela D.3 - Funções de lixiviação de agentes poluentes.

Nome	Função	Equação	Unidades
<b>EXP</b>	Exponencial	$C1 * (\text{esc. sup})^{C2} * \text{acum}$	Massa/hora
<b>RC</b>	Curva de descarga	$C1 * (\text{esc. Sup.})^{C2}$	Massa/sec
<b>EMC</b>	Concentração média de evento	C1	Massa/Litro

Cada função de lixiviação fornece resultados em diferentes unidades. Para a função exponencial, a variável Escoamento Superficial (Esc. Sup.) é expressa em unidade de lâmina por unidade de tempo (pol/h ou mm/h), enquanto que para a função Curva de Descarga é expressa em qualquer unidade de fluxo especificada na seção [OPTIONS] do arquivo de entrada (por exemplo, CFS, CMS, etc). A variável Acumulação (Acum) na função exponencial é o valor atual da quantidade acumulada sobre a sub-bacia expressa em unidade de massa. A unidade de C1 na função exponencial é  $(\text{pol} / \text{hr})^{-C2}$  por hora ou  $(\text{mm} / \text{h})^{-C2}$  por hora). Para a função Curva de Descarga, a unidade de C1 depende da unidade de fluxo empregada. Para a função EMC (concentração média do evento), C1 está sempre em unidades de concentração.

<b>Seção:</b>	[TREATMENT]
<b>Objetivo:</b>	Especifica o grau de tratamento recebido pelos agentes poluentes em nós específicos do sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Node Pollut Result = Func</i>

**Observações:**

- > *Node*: nome do nó onde o tratamento ocorre.
- > *Pollut*: nome do poluente que recebe tratamento.
- > *Result*: resultado calculado pela função de tratamento. As opções são:
  - C - função que calcula a concentração de efluentes
  - R - função que calcula a remoção fracionária.
- > *Func* função matemática que expressa o resultado do tratamento em termos de concentrações de poluentes, de remoções de poluentes ou outras variáveis padrão (ver abaixo).
- > As funções de tratamento podem ser quaisquer expressões matemáticas envolvendo:
  - concentração de agente poluente na entrada (usa o nome do agente poluente para representar uma concentração);
  - remoção de outros agentes poluentes (usa R\_ prefixado no nome dos agentes poluentes para representar a remoção);
  - variáveis de processo que incluem:
    - FLOW**: para um nó (unidades do fluxo definidas pelo usuário);
    - DEPTH**: a profundidade de água acima do radier do nó (pés ou m);
    - AREA**: para a área de superfície do nó (pés<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>);
    - DT**: passo de tempo do modelo de propagação das vazões (segundos);
    - HRT**: tempo de residência hidráulico (horas).

**Exemplos:**

: decaimento de DBO de primeira ordem  
*Node23 BOD C = BOD \* exp(-0.05\*HRT)*

; Remoção de chumbo é 20% de remoção de Sólidos Totais dissolvidos (TSS)  
*Node23 Lead R = 0.2 \* R\_TSS.*

<b>Seção:</b>	[DWF]
<b>Objetivo:</b>	Especifica os fluxos em tempo seco e sua qualidade, afluentes ao sistema de drenagem em nós específicos.
<b>Formato:</b>	<i>Node Item Value (Pat1 Pat2 Pat3 Pat4)</i>

**Observações:**

- > *Node*: nome do nó onde o fluxo em tempo seco entra no sistema.
- > *Item*: palavra chave **FLOW** para fluxo ou o nome do agente poluente para afluências de elementos relacionados à qualidade da água.
- > *Value*: valor médio de referência para o *Item* correspondente (fluxo ou unidade de concentração).
- > *Pat1, Pat2 etc.*: nomes de até quatro padrões temporais que aparecem na seção [PATTERNS].
- > O valor real em tempo seco será igual ao produto do valor de referência pelos fatores de ajuste fornecidos pelos padrões especificados. Se não for fornecido, o fator de ajuste pré-definido é 1.0.

<b>Seção:</b>	[PATTERNS]
<b>Objetivo:</b>	Especifica o padrão temporal do fluxo em tempo seco ou dos elementos relativos à qualidade da água na forma de fatores de ajuste aplicado como multiplicadores aos valores de referência.
<b>Formato:</b>	Name <b>MONTHLY</b> Factor1 Factor2 ... Factor12
	Name <b>DAILY</b> Factor1 Factor2 ... Factor7
	Name <b>HOURLY</b> Factor1 Factor2 ... Factor24
	Name <b>WEEKEND</b> Factor1 Factor2 ... Factor24

**Observações:**

- > *Name*: nome usado para identificar o padrão temporal.
- > *Factor1, Factor2 etc.*: valores do fator multiplicador.
- > O formato **MONTHLY** é usado para definir os fatores do padrão temporal mensal para o fluxo em tempo seco e seus constituintes.
- > O formato **DAILY** é usado para definir os fatores do padrão temporal do tempo seco para cada dia da semana, onde o Domingo é o dia 1.
- > O formato **HOURLY** é usado para definir os fatores do padrão temporal do tempo seco para cada hora do dia, a partir de meia-noite. Se estes fatores de padrão temporal forem diferentes para os dias do fim de semana, em relação aos demais dias úteis, então o formato **WEEKEND** pode ser usado para especificar os fatores de ajuste de hora em hora para os fins de semana.
- > Mais de uma linha pode ser usada para inserir fatores de um padrão temporal, repetindo o nome do padrão (mas não o tipo de padrão) no início de cada linha adicional.
- > Os fatores dos padrões temporais são aplicados como multiplicadores a qualquer fluxo do tempo seco ou concentrações de elementos relativos à qualidade da água fornecidos na seção [DWF].

**Exemplos:**

```
; Fatores de ajuste para os dias da semana
D1 DAILY      0.5 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.5
D2 DAILY      0.8 0.9 1.0 1.1 1.0 0.9 0.8
```

```
; Fatores de ajuste horário
H1 HOURLY     0.5 0.6 0.7 0.8 0.8 0.9
H1            1.1 1.2 1.3 1.5 1.1 1.0
H1            0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.5
H1            0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
```

<b>Seção:</b>	[INFLOWS]
<b>Objetivo:</b>	Especifica os hidrogramas externas e os polutogramas que entram no sistema de drenagem em nós específicos.
<b>Formato:</b>	Node FLOW Fseries (FLOW 1.0 Sfactor Base Pat)
	Node Pollut Pseries (Format (Mfactor Sfactor Base Pat)

**Observações:**

- > *Node*: nome do nó onde afluí a vazão externa.
- > *Fseries*: nome de séries temporais na seção [TIMESERIES] que descrevem como vazões externas variam com o tempo.

- > *Pollut*: nome do agente poluente.
- > *PSeries*: nome da série temporal que descreve como carga do agente poluente externa varia com o tempo.
- > *Format*: **CONCEN** se a afluência externa do agente poluente é definida sob a forma de uma concentração ou **MASS** se ela é descrita sob a forma de um fluxo de massa (o pré-definido é **CONCEN**).
- > *Mfactor*: fator que converte unidades de fluxo de massa em unidades de massa do projeto por segundo, onde as unidades de massa do projeto são aquelas especificadas para o agente poluente na seção [**POLLUTANTS**] (o pré-definido é 1,0 - veja o exemplo abaixo).
- > *Sfactor*: fator de escala que multiplica os valores registrados da série temporal (o pré-definido é 1,0).
- > *Base*: valor de referência constante adicionado ao valor da série temporal (pré-definido é 0,0).
- > *Pat*: nome do padrão temporal opcional da seção [**PATTERNS**] usado para ajustar o valor de referência sobre um determinado período.
- > Os fluxos externos são representadas por uma componente constante e uma componente variável no tempo da seguinte forma:  

$$\text{Inflow} = (\text{Baseline value}) * (\text{Pattern factor}) + (\text{Scaling factor}) * (\text{Time series value})$$
- > Se a afluência de um agente poluente for especificada em um nó, então deve também se especificar uma afluência externa sob a forma de um fluxo FLOW para o mesmo nó, a menos que o nó seja um Exutório. Nesse caso, um agente poluente pode entrar no sistema durante os períodos em que o Exutório está submerso e o fluxo inverso ocorre.

### Exemplos:

```
NODE2 FLOW N2FLOW
NODE33 TSS N33TSS CONCEN
```

```
; Entrada em massa de DBO na série temporal N65BOD em lbs/hr
; (126 converte lbs/hr para mg/s)
NODE65 BOD N65BOD MASS 126
```

```
; Afluente com valor de base e fator de escala
N176 FLOW FLOW FLOW_176 1,0 0,5 12,7 FlowPat
```

<b>Seção:</b>	[LOADINGS]
<b>Objetivo:</b>	Especifica a acumulação de agentes poluentes que existe em cada sub-bacia no início de uma simulação.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat Pollut InitBuildup Pollut InitBuildup ...</i>

### Observações:

- > *Subcat*: nome de uma sub-bacia.
- > *Pollut*: nome de um agente poluente.
- > *InitBuildup*: acúmulo inicial do agente poluente (lbs/acre ou kg/hectare).
- > Mais de um par [agente poluente - valore acumulado] pode ser inserido por linha. Se mais de uma linha é necessária, então o nome da sub-bacia deve ser repetido no começo das linhas seguintes.

- > Se um acúmulo inicial não é especificado para um agente poluente, então ele será calculado aplicando a opção `DRY_DAYS` (especificado na seção `[OPTIONS]`) para a função de acumulação de agentes poluentes para cada uso de solo na sub-bacia.

<b>Seção:</b>	<b>[RDII]</b>
<b>Objetivo:</b>	Especifica os parâmetros que descrevem infiltrações/afluências no sistema de drenagem devido à precipitação (RDII) em nós específicos.
<b>Formato:</b>	<i>Node UHgroup SewerArea</i>

#### Observações:

- > *Node*: nome de um nó.
- > *UHgroup*: nome de um grupo hidrograma unitário de RDII especificado na seção `[HYDROGRAPHS]`.
- > *SewerArea*: área de drenagem que contribui para o RDII ao nó (acres ou hectares).

<b>Seção:</b>	<b>[HYDROGRAPHS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Especifica as formas dos hidrogramas unitários triangulares que determinam a quantidade de precipitação-dependente da infiltrações/afluências (RDII) que entra no sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Name Raingage</i> <i>Name Month SHORT/MEDIUM/LONG R T K (Dmax Drec D0)</i>

#### Observações:

- > *Name*: nome atribuído a um grupo de hidrograma unitário.
- > *Raingage*: nome do pluviômetro utilizado pelo grupo de hidrograma unitário.
- > *Month*: mês do ano (por exemplo, **JAN**, **FEB** etc. ou **ALL** para todos os meses).
- > *R*: razão de resposta para o hidrograma unitário.
- > *T*: tempo de pico (horas) para o hidrograma unitário.
- > *K*: coeficiente de recessão para o hidrograma unitário.
- > *Dmax*: profundidade máxima da abstração inicial (em unidades de altura de precipitação).
- > *DREC*: taxa de recuperação da abstração inicial (em unidades de altura de precipitação por dia)
- > *D0*: profundidade da abstração inicial no início da simulação (em unidades de altura da precipitação).
- > Para cada grupo de hidrogramas unitários, use uma linha para especificar seu pluviômetro seguido por quantas linhas forem necessárias para definir cada hidrograma unitário utilizado pelo grupo ao longo do ano. Três hidrogramas unitários separados, que representam as respostas RDII a curto, médio e longo prazo, podem ser definidos para cada mês (ou todos os meses juntos). Assume-se que nos meses não listados não há RDII.
- > A razão de resposta (R) é a fração da unidade de altura de chuva que se torna RDII. A soma das razões de resposta para um conjunto de três hidrogramas não tem de ser igual a 1.0.



- > O coeficiente de recessão (K) é a razão entre a duração de curva de recessão pelo tempo de pico (T), tornando a base de tempo do hidrograma igual a  $T * (1 + K)$  horas. A área sob cada hidrograma unitário é de 1 polegada (ou mm).
- > Os parâmetros opcionais da abstração inicial determinam a quantidade de chuva perdida no início de um evento chuvoso por interceptação e por armazenamento em depressões. Se não for fornecido, significa que não há abstração inicial.

### Exemplos:

; Todos os três hidrogramas unitários neste grupo têm as mesmas formas, exceto aqueles em julho, que apresentam somente uma resposta a curto e médio prazo, com formas diferentes daquela relativa aos outros meses do ano.

```
UH101  RG1
UH101  ALL SHORT    0.033 1.0  2.0
UH101  ALL MEDIUM  0.300 3.0  2.0
UH101  ALL LONG    0.033 10.0 2.0
UH101  JUL SHORT   0.033 0.5  2.0
UH101  JUL MEDIUM 0.011 2.0  2.0
```

<b>Seção:</b>	[CURVES]
<b>Objetivo:</b>	Descreve uma relação entre duas variáveis em formato tabular.
<b>Formato:</b>	Name Type X-value Y-value ...

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído à tabela.
- > *Type*: **STORAGE / SHAPE / DIVERSION / TIDAL / PUMP1 / PUMP2 / PUMP3 / PUMP4 / RATING / CONTROL.**
- > *X-value*: valor de x (variável independente).
- > *Y-value*: o valor y (variável dependente) relativa a x.
- > Vários pares de valores [x-y] podem aparecer em uma linha. Se mais de uma linha é necessária, repete-se o nome da curva (mas não o tipo) nas linhas subsequentes. Os valores de x devem ser inseridos em ordem crescente.
- > As diversas opções para o tipo de curva têm o seguinte significado (os fluxos são expressos nas unidades de fluxo definidas na seção [OPTIONS]):
  - **ARMAZENAMENTO** (área em ft<sup>2</sup> (ou m<sup>2</sup>) vs. profundidade em pés (ou m) para um nó de armazenamento).
  - **SHAPE** (largura vs. profundidade para uma seção transversal fechada de forma pré-definida, os valores de largura e profundidade são normalizados pela profundidade total).
  - **DIVERSION** (fluxo derivado vs. fluxo total para um nó tipo divisor de fluxo).
  - **TIDAL** (elevação da superfície da água em pés (ou m) vs. hora do dia para um nó exutório).
  - **PUMP1** (vazão da bomba vs. incremento do volume no nó de entrada, em pés<sup>3</sup> (ou m<sup>3</sup>)).
  - **PUMP2** (vazão da bomba vs. incremento da profundidade no nó de entrada, em pé (ou m)).



- **PUMP3** (vazão da bomba vs. diferença da cota piezométrica entre o nó de saída e o nó de entrada, em pé (ou m)).
- **PUMP4** (vazão da bomba vs. a profundidade, em pé (ou m)).
- **RATING** (vazão de saída vs. carga hidráulica, em pé (ou m)).
- **CONTROL** (configuração de controle vs. variável de controle.).

> Ver Seção 3.2 para as ilustrações dos diferentes tipos de curvas de bomba.

### Exemplos:

*; curva de armazenamento (x = profundidade, y = área da superfície)*  
*ACI STORAGE 0 1000 2 2000 4 3500 6 4200 8 5000*

*; curva da bomba Type1 (x = volume de entrada, y = fluxo)*  
*PCI PUMP1*  
*PCI 100 5 300 10 500 20*

<b>Seção:</b>	[TIMESERIES]
<b>Objetivo:</b>	Descreve como uma quantidade varia com o tempo.
<b>Formato:</b>	Name (Date) Hour Value ... Name Time Value ... Name <b>FILE</b> Fname

### Observações:

- > Name: nome atribuído à série temporal.
- > Date: data no formato mês/dia/ano (por exemplo, 15 de junho de 2001 seria 6/15/2001).
- > Hour: hora no formato 24 horas (por exemplo, 8:40 da tarde seria 20:40) em relação à última data especificada (ou a meia-noite da data de início da simulação se nenhuma data anterior foi especificada).
- > Time: hora desde o início da simulação, expressa como um número decimal ou em horas:minutos.
- > Value: valor correspondente à determinada data e hora.
- > Fname: nome de um arquivo no qual os dados de séries temporais estão armazenados.
- > Existem duas opções para fornecer os dados para uma série temporal:
  - diretamente dentro desta seção do arquivo de entrada, tal como descrito pelos dois primeiros formatos;
  - através de um arquivo de dados externos nomeado no terceiro formato.
- > Quando a entrada direta de dados é usada, várias entradas de data-tempo-valor ou tempo-valor podem aparecer em uma linha. Se mais de uma linha for necessária, o nome da tabela deve ser repetido no início das linhas subsequentes.
- > Quando um arquivo externo é utilizado, cada linha no arquivo deve usar os mesmos formatos listados acima, com exceção de que apenas uma entrada no formato data-tempo-valor (ou tempo-valor) é permitida por linha. Qualquer linha que começa com um ponto e vírgula é considerada uma linha de comentário, e é ignorada. Linhas em branco não são permitidas.

- > Note que existem dois métodos para descrever o tempo nos dados de séries temporais:
  - como data do calendário/hora do dia (o que exige que pelo menos uma data, no início da série, seja inserida);
  - como horas decorridas desde o início do simulação.
- > Para o primeiro método, as datas só precisam ser inseridas em locais em que ocorre um novo dia.

### Exemplos:

; Séries temporais da precipitação com datas especificadas  
 TS1 6-15-2001 7:00 0.1 8:00 0.2 9:00 0.05 10:00 0  
 TS1 6-21-2001 4:00 0.2 5:00 0 14:00 0.1 15:00 0

; Hidrograma - tempo em relação ao início da simulação  
 ; (hora pode ser expressa em horas decimais ou hr:min)  
 HY1 0 0 1.25 100 2:30 150 3.0 120 4.5 0  
 HY1 32:10 0 34.0 57 35.33 85 48.67 24 50 0

<b>Seção:</b>	[LID_CONTROLS]
<b>Objetivo:</b>	Define controles LID independentes de escala que podem ser implantados dentro de sub-bacias.
<b>Formato:</b>	<i>Name Type</i> Uma ou mais das seguintes linhas de acordo com o tipo: <i>Name SURFACE StorHt VegFrac Rough Slope Xslope</i> <i>Name SOIL Thick Por FC WP Ksat Kcoeff Suct</i> <i>Name PAVEMENT Thick Vratio Fraclmp Perm Vclog</i> <i>Name STORAGE Height Vratio Filt Vclog</i> <i>Name DRAIN Coeff Expon Offset Delay</i>

### Observações:

- > *Name*: nome atribuído ao controle LID.
- > *Type*: **BC** para bacias de filtração; **PP** para pavimento poroso; **IT** para trincheiras de infiltração; **RB** para cisternas; **VS** para valas de infiltração.
- > Para LID com camadas de superfície:
  - *StorHt*: quando muros guia ou paredes laterais estão presentes, esta é a profundidade máxima em que a água pode alagar acima da superfície da unidade antes do transbordamento ocorrer (em polegadas ou mm). Para LID's com escoamento superficial, esta é a altura de qualquer armazenamento em depressão na superfície. Para valas de infiltração, é a altura de sua seção transversal trapezoidal.
  - *VegFrac*: fração da área acima da superfície que está coberta de vegetação.
  - *Rough*: coeficiente n de Manning para escoamento sobre a superfície de pavimento poroso ou uma vala de infiltração. Use 0 para outros tipos de LID's.
  - *Slope*: inclinação da superfície do pavimento poroso ou da vala de infiltração (porcentagem). Use 0 para outros tipos de LID's.
  - *Xslope*: inclinação (coeficiente angular) das paredes laterais de uma seção transversal da vala de infiltração. Use 0 para outros tipos de LID's.

> Para LID's com camadas de pavimento:

- *Thick*: espessura da camada de pavimento (pol ou mm).
- *Vratio*: índice de vazios (volume de vazios em relação ao volume de sólidos no pavimento para sistemas contínuos ou para o material de preenchimento usado em sistemas modular). Note-se que a porosidade = índice de vazios/(1 + índice de vazios).
- *FracImp*: relação de material impermeável à área total para sistemas modulares; 0 para sistemas contínuos de pavimento poroso.
- *Perm*: permeabilidade do concreto ou asfalto utilizado em sistemas contínuos ou condutividade hidráulica do material de preenchimento (cascalho ou areia) usados em sistemas modulares (pol/h ou mm/h).
- *Vclog*: número de volumes de vazios da camada pavimentada permeável, necessário para colmatar completamente o pavimento. Use um valor igual a 0 para ignorar a colmatação.

> Para LID's com camadas de solo:

- *Thick*: espessura da camada de solo (pol ou mm).
- *Por*: porosidade do solo (volume de poros em relação ao volume total).
- *FC*: capacidade de campo do solo (volume de água dos poros em relação ao volume total após o solo ter sido totalmente drenado).
- *WP*: ponto de murcha do solo (volume de água dos poros em relação ao volume total de um solo bem seco).
- *Ksat*: condutividade hidráulica do solo saturado (em pol/h ou mm/h).
- *Kcoeff*: inclinação da curva de log (condutividade) versus teor de umidade do solo (adimensional).
- *Suct*: sucção capilar do solo (pol ou mm).

> Para LID's com camadas de armazenamento:

- *Height*: altura da camada de armazenamento ou a altura de uma cisterna (pol ou mm).
- *Vratio*: índice de vazios (volume de vazios em relação ao volume de sólidos na camada). Note que a porosidade = índice de vazios/(1 + índice de vazios).
- *Filt*: taxa de infiltração da camada quando da primeira construção (em pol/h ou mm/h). Se existe um piso ou camada impermeável abaixo da camada, em seguida, usar um valor de 0.
- *Vclog*: número de volumes de vazios da camada de armazenamento permeável, necessário para colmatar completamente a camada. Usar um valor igual a 0 para ignorar a colmatação.
- Valores para *Vratio*, *Filt* e *Vclog* são ignorados para cisternas.

> Para LID's com drenagem profunda:

- *Coeff*: coeficiente *C* que determina a taxa de fluxo através da drenagem profunda, em função da altura da água armazenada acima da base do sistema de drenagem profunda.

- *Expon*: expoente  $n$  que determina a taxa de fluxo através do sistema de drenagem profunda, em função da altura da água armazenada acima da saída do sistema de drenagem.
  - *Offset*: altura da tubulação do sistema de drenagem profunda ou tomada acima da base da camada de armazenamento ou cisterna (polegadas ou mm).
  - *Delay*: número de horas do tempo seco que deve decorrer antes que o dreno de uma cisterna seja aberto (assume-se que o dreno é fechado logo no início da chuva). Este parâmetro é ignorado para outros tipos de LID's.
- > A tabela a seguir mostra quais camadas são necessárias (x) ou opcionais (o) para cada tipo de controle LID:

Tipo de controle LID	Superfície	Pavimento	Solo	Armazenamento	Drenagem profunda
Bacias de infiltração	x		x	x	o
Pavimento poroso	x	x		x	o
Trincheiras de infiltração	x			x	o
Cisterna				x	x
Valas de infiltração	x				

- > A equação utilizada para calcular o fluxo saindo do sistema de drenagem profunda por unidade de área do LID (em pol/h ou mm/h) é  $q = C(h-H_d)^n$  onde  $q$  é vazão,  $h$  é a altura da água armazenada (pol ou mm) e  $H_d$  é o offset do dreno.
- > As dimensões reais de um controle LID são fornecidas na seção [LID\_USAGE] quando ele é introduzido em uma determinada sub-bacia.

### Exemplos:

*; Uma vegetação de rua sem sistema de drenagem profunda*

*Planter BC*

*Planter SURFACE 6 0.3 0 0 0*

*Planter SOIL 24 0.5 0.1 0.05 1.2 2.4*

*Planter STORAGE 12 0.5 20 0*

*; Um telhado verde com base impermeável*

*GR1 BC*

*GR1 SURFACE 3 0 0 0 0*

*GR1 SOIL 3 0.5 0.1 0.05 1.2 2.4*

*GR1 STORAGE 3 0.5 0 0*

*GR1 DRAIN 5 0.5 0 0*

*; Uma cisterna que escoar seis horas depois que a precipitação cessa*

*RB12 RB*

*RB12 STORAGE 36 0 0 0*

*RB12 DRAIN 10 0.5 0 6*

*; Uma vala de infiltração com grama de 24 polegadas de altura com inclinação 5:1*

*Swale VS*

*Swale SURFACE 24 0 0.2 3 5*

<b>Seção:</b>	[LID_USAGE]
<b>Objetivo:</b>	Implanta controles LID dentro de áreas específicas da sub-bacia.
<b>Formato:</b>	Subcat LID Number Area Width InitSat FromImp ToPerv (RptFile)

**Observações:**

- > *Subcat*: nome da sub-bacia em que se inserem controles LID.
- > *LID*: nome de um controle LID definido na seção [LID\_CONTROLS].
- > *Number*: número de unidades LID's implantadas.
- > *Area*: área de cada unidade (ft<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>).
- > *Width*: largura do lado do controle LID, onde pode fluir o escoamento excessivo. Este parâmetro só se aplica a controles LID, como pavimento poroso ou valas de infiltração que utilizam o escoamento à superfície como meio de transportar o fluxo para fora da unidade (Os processos LID, tais como bacias de infiltração e trincheiras de infiltração, simplesmente deixam extravasar o excesso do escoamento superficial captado através de suas margens).
- > *InitSat*: percentual em que a camada do solo ou camada de armazenamento é inicialmente preenchida com água.
- > *FromImp*: percentual da parcela de área impermeável, sem LID, da sub-bacia cujo escoamento é tratado pelas unidades de LID. Se a unidade LID trata apenas a chuva incidente diretamente, tal como com um telhado verde, este valor deve ser 0. Se o LID ocupa a sub-bacia inteira, então este campo é ignorado.
- > *ToPerv*: igual a 1 se as águas saindo do controle LID retornam para a área permeável da sub-bacia, ao invés de irem para a saída da sub-bacia, caso contrário, o valor deve ser zero. Um exemplo de onde isso ocorre é uma cisterna, cujo conteúdo é usado para irrigar uma área de gramado. Este campo é ignorado se o LID ocupa a sub-bacia inteira.
- > *RptFile*: nome opcional de um arquivo para o qual os resultados detalhados da série temporal para o LID serão escritos. Coloque o nome entre aspas se ele contiver espaços e incluir o caminho completo se for diferente do caminho do arquivo de entrada do SWMM.
- > Mais de um tipo de controle LID pode ser implantado dentro de uma sub-bacia, desde que a sua área total não exceda a área total da sub-bacia e cem por cento da área impermeável tratada.

**Exemplos:**

; 34 cisternas de 12 m<sup>2</sup> cada uma são colocadas  
 ; na sub-bacia S1. Elas estão inicialmente vazias e tratam 17%  
 ; do escoamento da área impermeável da sub-bacia.  
 ; A saída da cisterna é retornada à área permeável da sub-bacia.  
 S1 RB14 34 12 0 0 17 1

; A sub-bacia S2 é formada integralmente por um único vale  
 ; de infiltração de 200 pés de comprimento por 50 pés de largura.  
 S2 Swale 1 10000 50 0 0 0 "swale.rpt"

**D3. Seção Dados de Mapa**

A interface gráfica do usuário (GUI em inglês) do SWMM pode exibir um mapa esquemático da área de drenagem em análise. Este mapa mostra sub-bacias como polígonos, nós como círculos, trechos como poli-linhas, e pluviômetros como símbolos

tipo bitmap. Além disso, pode exibir rótulos de texto e uma imagem de fundo como um mapa de ruas. A GUI tem ferramentas para desenho, edição, movimentação e exibição destes elementos do mapa. As coordenadas do mapa são armazenadas no formato descrito abaixo. Normalmente, esses dados são simplesmente anexados ao arquivo de entrada do SWMM pela GUI para que os usuários não precisem se preocupar com isto. No entanto, às vezes é mais conveniente importar os dados do mapa de alguma outra fonte, como um arquivo de CAD ou GIS, ao invés de desenhar um mapa a partir do zero usando a GUI. Neste caso, os dados podem ser adicionados ao arquivo de projeto SWMM usando qualquer editor de texto ou programa de planilhas. O SWMM não fornece nenhuma instalação automatizada para converter dados de coordenadas a partir de outros formatos de arquivos para o formato de dados do mapa de SWMM.

Os dados do mapa de SWMM são organizados em sete seções:

[MAP]	coordenadas X, Y do retângulo delimitador do mapa
[POLYGONS]	coordenadas X, Y para cada vértice dos polígonos da sub-bacia
[COORDINATES]	coordenadas X, Y para os nós
[VERTICES]	coordenadas X, Y para cada vértice da polilinha de trechos
[LABELS ]	coordenadas X, Y e texto de rótulos
[SYMBOLS]	coordenadas X, Y para pluviômetros
[BACKDROP]	coordenadas X, Y do retângulo delimitador da imagem de fundo e o nome do arquivo da imagem.

A figura D.2 exibe um mapa exemplo e na Figura D.3 os dados que o descreve. Note que somente o trecho 3 possui vértices que formam uma curva. Também pode-se observar que este sistema de coordenadas do mapa não tem unidades, de modo que as posições dos seus objetos podem não coincidir necessariamente com as suas posições reais.

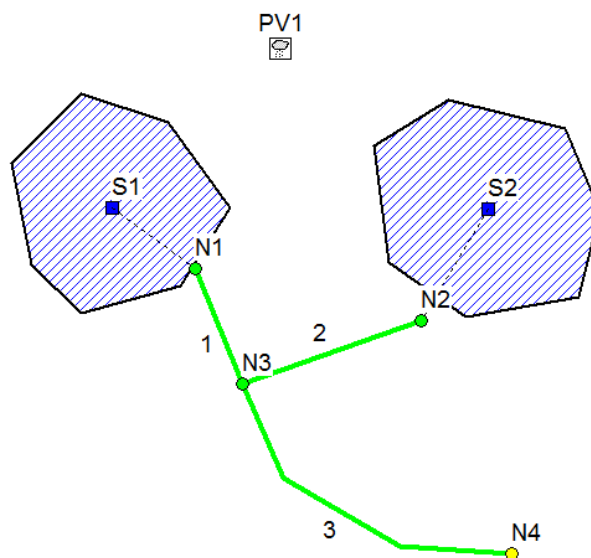


Figura D.2 - Exemplo Mapa da área de estudo

Uma descrição detalhada de cada seção de dados de mapas será dada agora. Lembre-se que os dados do mapa são utilizados apenas como uma ajuda de visualização para GUI no SWMM e não desempenham nenhum papel em qualquer dos cálculos de escoamento ou propagação de vazões. Dados de mapas não são necessários para executar a versão de linha de comando do SWMM.

```

[MAP]
DIMENSIONS      0.00  0.00  10000.00  10000.00
UNITS           None

[COORDINATES]
;;Node          X-Coord      Y-Coord
N1              4006.62      5463.58
N2              6953.64      4768.21
N3              4635.76      3443.71
N4              8509.93      827.81

[VERTICES]
;;Link          X-Coord      Y-Coord
3              5430.46      2019.87
3              7251.66      927.15

[SYMBOLS]
;;Gage          X-Coord      Y-Coord
G1             5298.01      9139.07

[Polygons]
;;Subcatchment X-Coord      Y-Coord
S1             3708.61      8543.05
S1             4834.44      7019.87
S1             3675.50      4834.44
< additional vertices not listed >
S2             6523.18      8079.47
S2             8112.58      8841.06

[LABELS]
;;X-Coord      Y-Coord      Label
5033.11        8807.95      "G1"
1655.63        7450.33      "S1"
7715.23        7549.67      "S2"

```

Figura D.3 - Dados para o mapa na Figura D.2

<b>Seção:</b>	<b>[MAP]</b>
<b>Objetivo:</b>	Fornecer dimensões e unidades de distância para o mapa.
<b>Formato:</b>	<i>DIMENSIONS X1 Y1 X2 Y2</i> <i>UNITS FEET/METERS/DEGREES/NONE</i>

**Observações:**

- > *X1*: coordenada X inferior esquerda do mapa completo
- > *Y1*: coordenada Y inferior esquerda do mapa completo
- > *X2*: coordenada X superior direita do mapa completo
- > *Y2*: coordenada Y superior direita do mapa completo

<b>Seção:</b>	<b>[COORDINATES]</b>
<b>Objetivo:</b>	Atribuir coordenadas X, Y para nós do sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Node Xcoord Ycoord</i>

**Observações:**

- > *Node*: nome do nó.
- > *Xcoord*: coordenada horizontal em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Ycoord*: coordenada vertical em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.

<b>Seção:</b>	<b>[VERTICES]</b>
<b>Objetivo:</b>	Atribuir coordenadas X, Y para os pontos de vértice das curvas do sistema de drenagem.
<b>Formato:</b>	<i>Link Xcoord Ycoord</i>

**Observações:**

- > *Link*: nome do trecho.
- > *Xcoord*: coordenada horizontal do vértice relativa à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Ycoord*: coordenada vertical do vértice relativa à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > Incluir uma linha separada para cada vértice do trecho, ordenando-os do nó de entrada para o nó de saída.
- > Trechos de linhas retas não têm vértices e, portanto, não estão listados nesta seção.

<b>Seção:</b>	<b>[POLYGONS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Atribui coordenadas X, Y para pontos de vértices de polígonos que definem um limite da sub-bacia.
<b>Formato:</b>	<i>Subcat Xcoord Ycoord</i>

**Observações:**

- > *Subcat*: nome da sub-bacia.
- > *Xcoord*: coordenada horizontal de vértice relativa à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Ycoord*: coordenada vertical de vértice relativa à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > Incluir uma linha separada para cada vértice do polígono de sub-bacia, ordenados em uma sequência consistente, no sentido horário ou anti-horário.

<b>Seção:</b>	<b>[SYMBOLS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Atribui coordenadas X, Y a pluviômetros.
<b>Formato:</b>	<i>Gage Xcoord Ycoord</i>

**Observações:**

- > *Gage*: nome do pluviômetro.
- > *Xcoord*: coordenada horizontal em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Ycoord*: coordenada vertical em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.

<b>Seção:</b>	<b>[LABELS]</b>
<b>Objetivo:</b>	Atribui coordenadas X, Y para rótulos definidos pelo usuário no mapa.
<b>Formato:</b>	<i>Xcoord Ycoord Label (Anchor Font Size Bold Italic)</i>

**Observações:**

- > *Xcoord*: coordenada horizontal em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Ycoord*: coordenada vertical em relação à origem no canto inferior esquerdo do mapa.
- > *Label*: texto do rótulo entre aspas duplas.



- > *Anchor*: nome do nó ou sub-bacia que ancora o rótulo (use um par vazio de aspas duplas, se não há nenhuma âncora).
- > *Font*: nome da fonte de letra (com aspas duplas, se o nome da fonte tem espaços).
- > *Size*: tamanho de fonte em pontos.
- > *Bold*: YES para negrito, NO contrário.
- > *Italic*: YES para itálico, NO contrário.
- > O uso do recurso âncora permite evitar que o rótulo se mova para fora da área de visualização quando o mapa é ampliado.
- > Se nenhuma informação de fonte é fornecida, uma fonte pré-definida é usada para desenhar o rótulo.

<b>Seção:</b>	<b>[BACKDROP]</b>
<b>Objetivo:</b>	Especifica o nome do arquivo e as coordenadas da imagem de fundo no mapa.
<b>Formato:</b>	<b><i>FILE Fname</i></b> <b><i>DIMENSIONS X1 Y1 X2 Y2</i></b>

### Observações:

- > *Fname*: nome do arquivo contendo a imagem de fundo
- > *X1*: coordenada X inferior esquerda da imagem
- > *Y1*: coordenada Y inferior esquerda da imagem
- > *X2*: coordenada X superior direita da imagem
- > *Y2*: coordenada Y superior direita da imagem

# APÊNDICE E: Mensagens de Erro e Advertência

<b>ERRO 101:</b>	<b>Erro de alocação de memória.</b> Não há memória física suficiente no computador para analisar o caso em estudo.
<b>ERRO 103:</b>	<b>Não podem ser resolvidas as equações do modelo da onda cinemática para o trecho xxx.</b> O algoritmo do modelo da onda cinemática de propagação de fluxos não converge para o trecho especificado em alguma fase da simulação.
<b>ERRO 105:</b>	<b>O solver EDO não abriu.</b> O sistema não pôde abrir o <i>solver</i> EDO (Equação Diferencial Ordinária)
<b>ERRO 107:</b>	<b>Não pode ser computado um passo de tempo.</b> Não pôde ser computado um passo de tempo válido para os cálculos de escoamento superficial ou de propagação das vazões (ou seja, um valor maior que 0) em alguma fase da simulação.
<b>ERRO 108:</b>	<b>Identificador ID ambíguo para a saída da sub-bacia xxx.</b> O nome do elemento identificado, como a saída de uma sub-bacia, pertence simultaneamente a um nó e a uma sub-bacia na base de dados do projeto.
<b>ERRO 109:</b>	<b>Valores de parâmetros inválidos para o aquífero xxx.</b> As propriedades informadas para um aquífero correspondem a valores inválidos ou incompatíveis com outra propriedade (por exemplo, a capacidade de campo do solo foi maior do que a porosidade).
<b>ERRO 111:</b>	<b>Comprimento inválido para o trecho xxx.</b> Comprimentos de trechos não podem ser zero ou negativo.
<b>ERRO 113:</b>	<b>Rugosidade inválida para o trecho xxx.</b> Trehos não podem ter valores de rugosidade zero ou negativo.
<b>ERRO 114:</b>	<b>Número inválido de condutos em paralelo para o trecho xxx.</b> Trehos devem consistir de um ou mais condutos em paralelo.
<b>ERRO 115:</b>	<b>Inclinação adversa para o trecho xxx.</b> Utilizando os modelos de propagação de fluxo pelo regime uniforme ou pela onda cinemática, todos os trechos devem ter declividades positivas. Caso não ocorra, isto pode ser normalmente corrigido revertendo os nós da entrada e da saída do trecho (por exemplo, clique com o botão direito do mouse no trecho e selecione <b>Reverter</b> a partir da caixa de diálogo que aparece). Declividades adversas são permitidas no modelo da onda dinâmica.
<b>ERRO 117:</b>	<b>Nenhuma seção transversal definida para o trecho xxx.</b>

	A geometria da seção transversal nunca foi definida para o trecho especificado.
<b>ERRO 119:</b>	<b>Seção transversal inválida para o trecho xxx.</b> Uma forma inválida, ou um conjunto de dimensões inválidas, foram especificadas para a seção transversal do trecho especificado.
<b>ERRO 121:</b>	<b>Curva da bomba inválida ou faltando relativa à bomba xxx.</b> A curva da bomba não existe, ou um tipo de curva inválida, foi especificado para a bomba.
<b>ERRO 131:</b>	<b>Os seguintes links formam um laço cíclico no sistema de drenagem.</b> Os modelos em regime uniforme e cinemáticos de transporte de vazões não podem ser aplicados para sistemas onde um laço cíclico existe (por exemplo, um caminho de um conjunto de trechos que começam e terminam no mesmo nó). Na maioria das vezes, o laço cíclico pode ser eliminado revertendo a direção de uma de suas conexões (por exemplo, trocar os nós de entrada e de saída do trecho). Os nomes dos trechos que formam o laço vão ser enumerados em seguida a esta mensagem.
<b>ERRO 133:</b>	<b>Nó xxx tem mais de que um trecho de saída.</b> De acordo com os modelos de propagação de fluxo pelo regime uniforme e pela onda cinemática, um nó de conexão só pode ter apenas um trecho de saída.
<b>ERRO 134:</b>	<b>Nó xxx tem mais do que um trecho de saída tipo DUMMY.</b> Somente um único conduto, com seção transversal tipo DUMMY, pode sair de um nó.
<b>ERRO 135:</b>	<b>Divisor xxx não tem dois trechos de saída.</b> Os nós tipo divisor de fluxo devem ter dois trechos de saída conectados.
<b>ERRO 136:</b>	<b>Divisor xxx tem conduto de derivação inválido.</b> O trecho especificado como conduto de derivação do fluxo, a partir de um nó, foi definido com um nó de entrada diferente.
<b>ERRO 137</b>	<b>Divisor tipo vertedor xxx tem parâmetros inválidos.</b> Os parâmetros de um nó divisor tipo vertedor ou tem valores não positivos ou valores inconsistentes (por exemplo, o valor do coeficiente de descarga multiplicado pela altura do vertedor elevada à potência 3/2 deve ser maior do que a vazão mínima).
<b>ERRO 138</b>	<b>Nó xxx tem profundidade inicial maior do que profundidade máxima.</b> Autoexplicativo.
<b>ERRO 139</b>	<b>Regulador xxx é a saída de um nó sem armazenamento.</b> Com os modelos de propagação de fluxo pelo regime uniforme ou pela onda cinemática, orifícios, vertedores e bocais, podem ser usados apenas como elementos de saída de nós do tipo armazenamento.
<b>ERRO 141</b>	<b>Exutório xxx tem mais do que uma conexão de entrada ou uma conexão de saída.</b> Para um nó tipo exutório é permitido apenas uma conexão.
<b>ERRO 143</b>	<b>Regulador xxx tem uma forma de seção transversal inválida.</b> Um orifício deve ter forma CIRCULAR ou RECT_CLOSED, enquanto um vertedor deve ter uma forma RECT_OPEN, TRAPEZOIDAL ou TRIANGULAR.
<b>ERRO 145</b>	<b>Sistema de drenagem não tem nós de saída aceitáveis.</b> De acordo com o modelo da onda dinâmica, pelo menos um nó deve ser designado como saída do sistema (nó exutório).
<b>ERRO 151</b>	<b>O hidrograma unitário do conjunto xxx tem um tempo de base inválido.</b> O tempo de base de um hidrograma unitário não pode ser negativo e se é positivo, não pode ser menor do que o intervalo de registro do posto pluviométrico.
<b>ERRO 153</b>	<b>O hidrograma unitário no conjunto xxx tem razões de resposta inválidas.</b> As razões de resposta para um conjunto de hidrogramas unitários (hidrogramas de curto, médio e longo prazo) devem estar entre 0 e 1.0, e somadas não pode apresentar um valor maior que 1.0.

<b>ERRO 155</b>	<b>Área de contribuição inválida para RDII no nó xxx.</b> A área de drenagem contribuindo para o RDII em um nó, não pode ter um valor negativo.
<b>ERRO 156</b>	<b>Nome inconsistente do arquivo de dados para posto pluviométrico xxx.</b> Se dois postos pluviométricos usam arquivos como fonte de dados e têm o mesmo ID, eles devem também usar os mesmos arquivos.
<b>ERRO 157</b>	<b>Formato inconsistente da precipitação para posto pluviométrico xxx.</b> Se dois ou mais postos pluviométricos usam a mesma série histórica como dados, eles devem usar o mesmo formato de dados (intensidade, volume ou volume acumulado).
<b>ERRO 158</b>	<b>Série histórica para posto pluviométrico xxx é usada também por outro objeto.</b> A série histórica da precipitação associada a um posto pluviométrico não pode ser usada por outro objeto que não seja um posto pluviométrico.
<b>ERRO 159</b>	<b>Intervalo de tempo inconsistente para posto pluviométrico xxx.</b> O intervalo de registro especificado para o posto pluviométrico é maior do que o menor intervalo entre valores na série histórica usada no mesmo.
<b>ERRO 161</b>	<b>Dependência cíclica nas funções de tratamento no nó xxx.</b> Um exemplo seria: onde a remoção do agente poluente 1 é definida como uma função da remoção do agente poluente 2, e, ao mesmo tempo, a remoção do agente poluente 2 é definida como uma função da remoção do agente poluente 1.
<b>ERRO 171</b>	<b>Curva xxx tem seus dados fora de sequência.</b> Os valores X de um objeto tipo curva devem ser informados em ordem crescente.
<b>ERRO 173</b>	<b>Série histórica xxx tem os dados não sequenciais.</b> Os valores de tempo (ou data/hora) de uma série histórica devem ser informados na ordem sequencial.
<b>ERRO 181</b>	<b>Parâmetros inválidos da climatologia do degelo de neve.</b> Os valores do peso ATI (Índice de Temperatura Antecedente) ou da razão de degelo, não estão entre 0 e 1 ou a latitude do local não está entre -60 e +60 graus.
<b>ERRO 182</b>	<b>Parâmetros inválidos para acumulação de neve xxx.</b> O coeficiente mínimo de degelo da acumulação de neve indicado é maior do que o seu coeficiente máximo; as frações de capacidade de água livre ou da área impermeável sujeita à remoção mecânica não estão entre 0 e 1; ou as frações de remoção de neve somam mais do que 1.0.
<b>ERRO 183</b>	<b>Nenhum tipo especificado para LID xxx.</b> Um controle LID tem camadas definidas, mas o tipo de LID nunca foi especificado.
<b>ERRO 184</b>	<b>Faltando camada para LID xxx.</b> Uma camada necessária está faltando para o LID especificado.
<b>ERRO 185</b>	<b>Parâmetro inválido para o controle LID xxx.</b> Um valor inválido foi fornecido para um parâmetro de controle LID.
<b>ERRO 187</b>	<b>Área de LID excede a área total para sub-bacia xxx.</b> A área dos controles LID colocada dentro de uma sub-bacia é maior do que a sub-bacia em si.
<b>ERRO 191</b>	<b>Data de início vem depois da data final da simulação.</b> Autoexplicativo.
<b>ERRO 193</b>	<b>Data de início do relatório vem depois da data final.</b> Autoexplicativo.
<b>ERRO 195</b>	<b>Intervalo de tempo de relatórios é menor do que intervalo de cálculo.</b> Autoexplicativo.
<b>ERRO 200</b>	<b>Um ou mais erros no arquivo de entrada.</b> Esta mensagem aparece quando um ou mais erros (série de erros 200) ocorrem na análise do arquivo de entrada.
<b>ERRO 201</b>	<b>Caracteres extensos na linha do arquivo.</b>

	A linha de entrada no arquivo não pode exceder 1024 caracteres.
<b>ERRO 203</b>	<b>Poucos itens na linha do arquivo.</b> Não há itens suficientes fornecidos em uma linha de entrada do arquivo.
<b>ERRO 205</b>	<b>Palavra-chave inválida na linha n do arquivo de entrada.</b> Uma palavra-chave não reconhecida foi encontrada na análise de uma linha do arquivo.
<b>ERRO 207</b>	<b>ID duplicado na linha n do arquivo de entrada.</b> Um ID usado para um objeto já foi atribuído para outro objeto da mesma categoria.
<b>ERRO 209</b>	<b>Objeto indefinido xxx na linha n do arquivo de entrada.</b> Uma referência foi feita para um objeto que nunca foi definido. Um exemplo seria se o nó 123 fosse designado como a saída de uma sub-bacia, mas o nó ainda não foi definido no caso em estudo.
<b>ERRO 211</b>	<b>Número xxx inválido na linha n do arquivo de entrada.</b> Ou um caráter não-numérico foi encontrado onde um valor numérico era esperado, ou um número inválido (por exemplo, um valor negativo) foi fornecido.
<b>ERRO 213</b>	<b>Data/Hora xxx inválida na linha n do arquivo de entrada.</b> Um formato inválido para uma data ou hora foi encontrado. Datas devem ser inscritas como mês/dia/ano e as horas como horas decimais ou no formato: hora:minuto:segundo.
<b>ERRO 217</b>	<b>Cláusulas para uma regra de Controle fora da sequência na linha n do arquivo de entrada.</b> Erros assim podem ocorrer quando o formato para as regras de controle não são seguidas corretamente (ver Seção C.3).
<b>ERRO 219</b>	<b>Dados fornecidos para uma seção transversal irregular não identificada na linha n do arquivo de entrada.</b> A linha <b>GR</b> (ver apêndice D) com os dados de cota de cada vertical foi encontrada em uma seção Transversal irregular no arquivo de entrada depois de uma linha <b>NC</b> , mas antes de qualquer linha <b>X1</b> que contém o ID da seção transversal.
<b>ERRO 221</b>	<b>Vertical da seção transversal foi especificada fora de sequência na linha n no arquivo de entrada.</b> As distâncias das verticais medidas numa seção transversal irregular a partir da margem esquerda devem aparecer na linha n em ordem numérica crescente.
<b>ERRO 223</b>	<b>Seção transversal irregular xxx tem verticais insuficientes.</b> A seção transversal irregular deve ser descrita por, pelo menos, 2 verticais.
<b>ERRO 225</b>	<b>Seção transversal irregular xxx tem pontos demais.</b> A seção transversal irregular não pode ser descrita por mais do que 1500 verticais.
<b>ERRO 227</b>	<b>Seção transversal irregular xxx não possui coeficiente n de Manning.</b> Nenhum coeficiente n de Manning foi especificado para uma seção transversal irregular (por exemplo, não foi especificada uma linha <b>NC</b> na seção <b>seção transversal irregular</b> no arquivo de entrada, relativa à seção transversal especificada).
<b>ERRO 229</b>	<b>Seção transversal irregular xxx apresenta margens aluviais inválidas.</b> A distância especificada para a margem aluvial esquerda ou direita da seção transversal especificada, não corresponde à qualquer das distâncias especificadas para as verticais da seção.
<b>ERRO 231</b>	<b>A seção transversal irregular xxx não tem profundidade.</b> Em todas as verticais de uma seção transversal irregular foram atribuídas as mesmas cotas do nível da água.
<b>ERRO 233</b>	<b>Expressão da função de tratamento inválida na linha n do arquivo de entrada.</b> A função de tratamento fornecida para um agente poluente em um nó específico, não é uma expressão matemática correta ou refere-se a agente poluente ou

	variável do processo ou, ainda, funções matemáticas que são desconhecidas.
<b>ERRO 301</b>	<b>Arquivos com os mesmos nomes.</b> Os arquivos de entrada, do relatório e da saída binária, especificados na linha de comando, não podem ter os mesmos nomes.
<b>ERRO 303</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de dados de entrada.</b> O arquivo da entrada não existe ou não pode ser aberto (por exemplo, o arquivo pode estar em uso por outro programa).
<b>ERRO 305</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de dados de relatório.</b> O arquivo do relatório não pode ser aberto (por exemplo, o arquivo pode estar em um diretório no qual o usuário não tem privilégio para escrever).
<b>ERRO 307</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de dados de resultados binários.</b> O arquivo da saída binária não pode ser aberto (por exemplo, o arquivo pode estar em um diretório no qual o usuário não tem privilégio para escrever).
<b>ERRO 309</b>	<b>Não foi possível escrever os resultados para um arquivo binário</b> Erro na tentativa de escrever resultados para um arquivo de saída binário (por exemplo, o disco pode estar cheio ou o tamanho do arquivo excede o limite do sistema operacional).
<b>ERRO 311</b>	<b>Erro de leitura de um arquivo de resultados binários.</b> A versão da linha de comando do SWMM não pôde ler os resultados salvos do arquivo de saída binário quando foram escritos os resultados para o arquivo de relatório.
<b>ERRO 313</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo rascunho de interface da precipitação.</b> O SWMM não pôde abrir o arquivo temporário usado para agregar os dados a partir de arquivos externos da precipitação.
<b>ERRO 315</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo xxx de interface da precipitação.</b> O SWMM não pôde abrir o arquivo de interface da precipitação especificado, possivelmente porque o arquivo não existe ou porque o usuário não tem privilégios para este diretório.
<b>ERRO 317</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo da precipitação xxx.</b> Um arquivo de dados externo da precipitação não pôde ser aberto, muito provavelmente porque o arquivo não existe.
<b>ERRO 319</b>	<b>Formato inválido para o arquivo de interface da precipitação.</b> O SWMM tentou ler dados a partir de um arquivo de interface da precipitação com uma formatação errada (por exemplo, o arquivo foi criado para outro projeto ou realmente pode ser outro tipo de arquivo).
<b>ERRO 321</b>	<b>Sem dados no arquivo de interface da precipitação para o posto pluviométrico xxx.</b> Esta mensagem ocorre quando um projeto quer usar um arquivo de interface da precipitação salvo anteriormente, mas não pode encontrar quaisquer dados para um dos postos pluviométricos no arquivo de interface. Pode também ocorrer, se o posto pluviométrico usa dados a partir de um arquivo de precipitação preparado pelo usuário e o ID da estação inscrita para o posto pluviométrico não pode ser encontrado no arquivo.
<b>ERRO 323</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de interface do escoamento superficial xxx.</b> O arquivo de interface, do escoamento superficial especificado, não pôde ser aberto, possivelmente porque o arquivo não existe ou porque o usuário não tem privilégios para este diretório.
<b>ERRO 325</b>	<b>Dados incompatíveis encontrados no arquivo de interface do escoamento superficial.</b> O SWMM tentou ler dados a partir de um arquivo de interface do escoamento superficial com um formato errado (por exemplo, o arquivo pode ter sido criado para outro projeto ou realmente pode ser outro tipo de arquivo).
<b>ERRO 327</b>	<b>Tentativa de leitura além do final do arquivo de interface do escoamento superficial.</b>



	Este erro pode ocorrer quando um arquivo de interface do escoamento superficial, salvo anteriormente, é usado em uma simulação com duração mais longa do que a usada no arquivo de interface.
<b>ERRO 329</b>	<b>Erro de leitura no arquivo de interface do escoamento superficial.</b> Um erro de formatação foi encontrado, na tentativa de leitura dos dados em um arquivo de interface do escoamento superficial salvo anteriormente.
<b>ERRO 331</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de interface de início rápido xxx.</b> O arquivo de interface de início rápido especificado não pôde ser aberto, possivelmente porque o arquivo não existe ou porque o usuário não tem privilégios para escrever neste diretório.
<b>ERRO 333</b>	<b>Dados incompatíveis encontrados no arquivo de interface de início rápido.</b> O SWMM tentou ler dados a partir de um arquivo de interface de início rápido com formato errado (Por exemplo, o arquivo pode ter sido criado para outro projeto ou realmente pode ser outro tipo de arquivo).
<b>ERRO 335</b>	<b>Erro de leitura a partir de um arquivo de interface de início rápido.</b> Um erro de formatação foi encontrado na tentativa de leitura de dados a partir de um arquivo de interface de início rápido salvo anteriormente.
<b>ERRO 336</b>	<b>Nenhum arquivo da climatologia especificado para evaporação e/ou velocidade de vento.</b> Este erro ocorre quando o usuário especifica que os dados de evaporação, ou de velocidade do vento, serão lidos a partir de um arquivo externo de dados climáticos, mas o nome do arquivo não é fornecido.
<b>ERRO 337</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo da climatologia xxx.</b> Um arquivo externo de dados climáticos não pôde ser aberto, muito provavelmente porque o arquivo não existe.
<b>ERRO 338</b>	<b>Erro na leitura do arquivo da climatologia xxx.</b> O SWMM tentou ler dados a partir de um arquivo da climatologia externo com um formato errado.
<b>ERRO 339</b>	<b>Tentativa de leitura além do final do arquivo da climatologia xxx.</b> O arquivo externo de climatologia especificado não contém dados para o período da simulação.
<b>ERRO 341</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de interface de rascunho RDII.</b> O SWMM não pôde abrir o arquivo temporário que ele usa para salvar os dados de fluxo RDII.
<b>ERRO 343</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de interface RDII xxx.</b> Um arquivo de interface RDII não pôde ser aberto, possivelmente porque o arquivo não existe ou porque o usuário não tem privilégios de escrever no diretório.
<b>ERRO 345</b>	<b>Formato inválido para o arquivo de interface RDII.</b> O SWMM tentou ler dados de um arquivo de interface RDII com um formato errado (por exemplo, o arquivo pode ter sido criado para outro projeto ou realmente pode ser outro tipo de arquivo).
<b>ERRO 351</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo de interface de propagação de vazões xxx.</b> O arquivo de interface de propagação de vazões especificado não pôde ser aberto, possivelmente porque o arquivo não existe ou porque o usuário não tem privilégios para escrever no diretório.
<b>ERRO 353</b>	<b>Formato inválido para o arquivo de interface de propagação de vazões xxx.</b> O SWMM tentou ler dados do arquivo de interface de propagação de vazões especificado com um formato errado (por exemplo, o arquivo pode ter sido criado para outro projeto ou realmente pode ser outro tipo de arquivo).
<b>ERRO 355</b>	<b>Nomes errados no arquivo de interface de propagação de vazões xxx.</b> Os nomes de agentes poluentes encontrados no arquivo especificado não correspondem aos nomes usados no projeto atual.
<b>ERRO 357</b>	<b>Arquivos de interface de afluências e efluências têm o mesmo nome.</b> Nos casos em que um arquivo de interface de propagação de vazões seja usado

	para fornecer afluições para um conjunto de locais, e outro seja usado para salvar os resultados do escoamento, eles não podem ter o mesmo nome.
<b>ERRO 361</b>	<b>Não foi possível abrir o arquivo externo usado para série histórica xxx.</b> O arquivo externo usado para fornecer os dados da série histórica especificada não pôde ser aberto, provavelmente porque o arquivo não existe.
<b>ERRO 363</b>	<b>Dados inválidos no arquivo externo usado para descrever a série histórica xxx.</b> Um arquivo externo usado para fornecer dados para a série histórica especificada possui uma ou mais linhas com uma formatação errada.
<b>Advertência 01</b>	<b>O intervalo de tempo do período chuvoso foi reduzido a um intervalo de registro igual ao do posto pluviométrico xxx.</b> O intervalo de tempo foi automaticamente reduzido no período chuvoso, de forma que nenhum evento de chuva seja ignorado durante a simulação.
<b>Advertência 02</b>	<b>Profundidade máxima aumentada para o nó xxx.</b> A profundidade máxima do nó especificado foi automaticamente aumentada para corresponder com a geratriz mais alta dos condutos conectados ao nó.
<b>Advertência 03</b>	<b>Offset negativo ignorado para o trecho xxx.</b> O offset estipulado para o trecho corresponde a um ponto situado abaixo do radier do nó da conexão. Então lhe foi dado automaticamente o valor 0.
<b>Advertência 04</b>	<b>Diferença de cota muito pequena para o trecho xxx.</b> A diferença de cota entre os nós de entrada e saída do trecho especificado foi menor do que 0.001 ft (0,00035 m); assim, este valor (0.001 ft ou 0,00035 m) foi usado para calcular a declividade do trecho.
<b>Advertência 05</b>	<b>Inclinação mínima usada para o trecho xxx.</b> A inclinação calculada do trecho especificado está menor do que o valor mínimo especificado pelo usuário, de forma que o valor especificado pelo usuário foi usado em vez do valor calculado.
<b>Advertência 06</b>	<b>Intervalo de tempo de cálculo em tempo seco foi aumentado para um valor igual ao intervalo de tempo de cálculo em período chuvoso.</b> Um intervalo de tempo, especificado pelo usuário, para a computação de escoamento superficial durante o tempo seco foi menor do que o intervalo para o período chuvoso e foi automaticamente aumentado para o valor do período chuvoso.
<b>Advertência 07</b>	<b>Intervalo de tempo para o cálculo da propagação dos fluxos foi reduzido para o intervalo de tempo do período chuvoso.</b> O intervalo especificado pelo usuário para o cálculo da propagação dos fluxos é maior do que o intervalo para o cálculo do escoamento superficial durante o período chuvoso e foi automaticamente reduzido para o intervalo de cálculo do escoamento superficial para evitar uma perda de precisão.
<b>Advertência 08</b>	<b>Diferença de cota excede o comprimento para o trecho xxx.</b> A diferença de cota entre os pontos de entrada e de saída de um trecho, excede seu comprimento. O programa determina a declividade do trecho como sendo a diferença de cota dividida pelo comprimento em vez de usar o método do triângulo retângulo. O usuário deve verificar erros eventuais no comprimento ou nas cotas do radier dos nós de entrada e de saída, bem como nos Offsets especificados para a entrada e a saída do conduto.
<b>Advertência 09</b>	<b>O intervalo da série histórica é maior do que o intervalo de registro no posto pluviométrico xxx.</b> O menor intervalo de tempo entre os valores da série histórica da precipitação usada para o posto pluviométrico especificado, é maior do que o intervalo de registro especificado para o posto pluviométrico. Se isso não foi realmente intencional, então os períodos da precipitação da série histórica que aparecem contínuos vão ser lidos como intervalos com lacunas.