



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO
AMBIENTAL**

RAISSA BRAGA DA COSTA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO JARDIM DE CHUVA EM SISTEMAS DE
DRENAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE SWMM**

FORTALEZA

2025

RAISSA BRAGA DA COSTA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO JARDIM DE CHUVA EM SISTEMAS DE
DRENAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE SWMM**

Defesa de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental. Área de concentração: Gestão e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Waleska Martins Eloi.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C837a Costa, Raissa Braga da.
Avaliação da Eficiência do Jardim de Chuva em Sistemas de Drenagem Utilizando o Software SWMM / Raissa Braga da Costa. - 2025.
222 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Waleska Martins Eloi.
1. Infraestruturas de Baixo Impacto (LID). 2. Drenagem Urbana. 3. Técnica Compensatória. 4. Modelagem Hidrológica. 5. SWMM. I. Título.

CDD 628



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
Av. 13 de maio, 2081 - Bairro Benfica - CEP 60040-531 - Fortaleza - CE - www.ifce.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Processo: 23256.017176/2025-61

Interessado: Coordenadoria do Curso de Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental (PGTGA) - Campus Fortaleza

RAISSA BRAGA DA COSTA

AValiação da Eficiência do Jardim de Chuva em Sistemas de Drenagem Utilizando o Software SWMM

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) *Campus* de Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em: **22/12/2025**

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Waleska Martins Eloi (orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Mariano da Franca Alencar Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Dra. Deborah Mithya Barros Alexandre

Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH)



Documento assinado eletronicamente por **Waleska Martins Eloi, Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 05/01/2026, às 17:09, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mariano da Franca Alencar Neto, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 23/01/2026, às 16:14, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deborah Mithya Barros Alexandre, Usuário Externo**, em 27/01/2026, às 10:31, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **8299224** e o código CRC **3F0B189D**.

A Deus.

Aos mestres.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À minha família, pela presença silenciosa. À minha tia, Maria Almeida de Oliveira, pelo incentivo à educação, pelo carinho e por não soltar a minha mão.

Aos amigos e colegas de estudo que estiveram ao meu lado nos desafios e conquistas, deixo minha sincera gratidão. Um agradecimento especial à Dayana Rodrigues de Oliveira e à Soraia Plewka, pela força, pelos conselhos e por me lembrarem que eu nunca devo desistir dos meus sonhos.

Ao PGTGA e aos professores Dr. Francisco Maurício de Sá Barreto, Dra. Glória Maria Marinho Silva, Dra. Juceline Batista dos Santos Bastos, Dr. Rinaldo dos Santos Araújo e Dr. Adeildo Cabral da Silva, que contribuíram com minha formação, agradeço por cada orientação, palavra de incentivo e gesto de confiança.

Ao professor Dr. Stanley Primo Ferreira, por me mostrar, com paixão e clareza, que a Física não é um bicho de sete cabeças, mas sim à expressão da natureza.

À professora Dra. Teresa Raquel Lima Farias, por me mostrar que a persistência fortalece o conhecimento e transforma desafios em crescimento.

Ao Prof. Dr. Mariano da França Alencar Neto pela paciência e sua colaboração sobre o SWMM, que foram essenciais para a execução desta pesquisa, minha sincera gratidão.

É um agradecimento que guardo no coração à professora Dra. Waleska Martins Eloi, que, desde a graduação, me abriu portas para horizontes que eu jamais havia imaginado. Fui apresentada ao estudo do movimento da água e sua mecânica. No começo, eu não entendia nada. Foi ela quem me deu à luz que faltava, a luz que me fez ver com clareza não só o entendimento, mas também o meu próprio caminho.

Agradeço a todos os membros da minha banca Dra. Deborah Mithya Barros Alexandre, e ao Prof. Dr. Mariano da França Alencar sou verdadeiramente grata pelo tempo que gastou para contribuir e a suas valiosas sugestões desde a fase inicial desta pesquisa.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado e pelo financiamento através do projeto “Avaliação de técnicas compensatórias de baixo impacto para o manejo de águas pluviais urbanas” (processo 405958/2023-4).

E finalizo meus agradecimentos a todos os colegas que me ajudaram de alguma forma a prosseguir com a pesquisa e não desistir. Pelos sorrisos compartilhados no Laboratório de Hidráulica e Estudos Hidrológicos e na Biblioteca Waldyr Diogo de Siqueira, que tornaram os meus dias pesados mais leves e reforçaram a importância da convivência em equipe.

“Inteligência é a habilidade das espécies para viver em harmonia com o meio ambiente” (**PAUL ATSON**, co-fundador do Greenpeace)

RESUMO

A urbanização tem reduzido a infiltração e aumentando o escoamento superficial, agravando o risco de inundações. Nesse contexto, torna-se necessário um modelo de urbanização que privilegie a preservação dos processos naturais de infiltração e combata a crescente impermeabilização. As técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development* – LID), como os jardins de chuva, apresentam-se como alternativas sustentáveis capazes de mitigar esses efeitos, promovendo maior infiltração e contribuindo para a melhoria da qualidade das águas pluviais. A modelagem hidrológica por meio do software *Storm Water Management Model* (SWMM) possibilita simular o comportamento dessas soluções, avaliar seu desempenho e testar cenários futuros de aplicação. Este estudo utilizou o SWMM para avaliar a eficiência de um jardim de chuva experimental e validar sua modelagem hidrológica, a partir de dados coletados de um experimento anterior. A análise dos eventos reais de precipitação demonstrou que o LID foi capaz de eliminar o escoamento superficial nos eventos de magnitude média e atenuar significativamente os picos dos eventos intensos, promovendo um retardo médio de aproximadamente 3 horas no início da vazão de pico em comparação ao cenário sem LID. As avaliações foram realizadas a partir do comportamento da lâmina superficial (LS), cuja formação está diretamente relacionada aos parâmetros de infiltração da camada de solo. A calibração conduziu a um conjunto único de parâmetros capaz de representar satisfatoriamente eventos de baixa, média e alta magnitude, enquanto a análise de sensibilidade identificou a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) e a porosidade como os parâmetros mais influentes no processo de infiltração. A qualidade do ajuste do modelo foi avaliada por meio dos indicadores estatísticos Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) e coeficiente de determinação (R^2), que apresentaram valores de até 0,85 e 0,84, respectivamente, indicando boa concordância entre os valores simulados e observados, especialmente para eventos de maior magnitude. As simulações de cenários estruturais e de solo mostraram que a profundidade útil das camadas e o tipo de solo modificam de forma significativa o volume armazenado, o tempo de resposta hidrológica e o amortecimento do escoamento superficial. Os resultados reforçam o papel dos LIDs como estratégias eficazes para o manejo sustentável das águas pluviais e dialogam diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6, ao promover a infiltração e reduzir a sobrecarga da drenagem urbana; o ODS 11, ao ampliar

a resiliência frente a eventos extremos; e o ODS 13, ao fortalecer soluções baseadas na natureza. Assim, a integração entre LID e modelagem hidrológica demonstra-se não apenas tecnicamente viável, mas também estratégica para o planejamento urbano sustentável.

Palavras-chave: Infraestruturas de baixo impacto (LID). Drenagem urbana. Técnica compensatória. Modelagem hidrológica. SWMM.

ABSTRACT

Urbanization has reduced infiltration and increased surface runoff, intensifying the risk of flooding. In this context, it becomes essential to adopt an urban development model that prioritizes the preservation of natural infiltration processes and counters the progressive increase in impervious surfaces. Low Impact Development (LID) techniques, such as rain gardens, emerge as sustainable alternatives capable of mitigating these effects by enhancing infiltration and improving stormwater quality. Hydrological modeling using the Storm Water Management Model (SWMM) enables the simulation of these solutions, the assessment of their performance, and the testing of future application scenarios. This study employed SWMM to evaluate the efficiency of an experimental rain garden and to validate its hydrological modeling based on data collected from a previous field experiment. The analysis of real rainfall events showed that the LID was able to eliminate surface runoff during medium-magnitude events and significantly attenuate peak flows in intense events, producing an average delay of approximately 3 hours in the onset of peak discharge compared to the scenario without LID. These assessments were conducted based on the behavior of the surface ponding depth (LS), whose formation is directly related to the infiltration parameters of the soil layer. The calibration resulted in a single set of parameters capable of satisfactorily representing low, medium, and high magnitude events, while the sensitivity analysis identified saturated hydraulic conductivity (Ksat) and porosity as the most influential parameters in the infiltration process. Model performance was evaluated using the NSE and the R^2 , which reached values of up to 0.85 and 0.84, respectively, indicating good agreement between simulated and observed values, particularly for higher-magnitude events. The structural and soil-based scenario simulations showed that the effective depth of the layers and the soil type significantly affect the storage volume, hydrological response time, and attenuation of surface runoff. The findings reinforce the role of LID systems as effective strategies for sustainable stormwater management and directly align with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 6, by promoting infiltration and reducing stress on urban drainage systems; SDG 11, by enhancing resilience to extreme events; and SDG 13, by strengthening nature-based solutions. Thus, the integration of LID techniques with hydrological modeling proves not only technically viable, but also strategic for sustainable urban planning.

Keywords: Low Impact Development (LID). Urban drainage. Stormwater control. Hydrological modeling. SWMM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Interações mútuas entre a sociedade e o ciclo hidrológico.....	20
Figura 2 —	Parâmetros do escoamento superficial do SWMM.....	30
Figura 3 —	Esquema das camadas de um sistema de biorretenção, SWMM-LID.....	35
Figura 4 —	Fluxo metodológico da pesquisa.....	42
Figura 5 —	Mapa de localização do jardim de chuva e da área de contribuição.....	43
Figura 6 —	Variação da precipitação média anual entre 1990 e 2024.....	44
Figura 7 —	Fluxo de escoamento na sub-bacia antes e depois da aplicação LID.....	45
Figura 8 —	Estrutura do jardim de chuva de Chaves (2024).....	51
Figura 9 —	Estrutura das camadas do LID <i>Bio-Retention Cell</i> , no SWMM.....	52
Figura 10 —	Localização do VolS e o VolSs no jardim de chuva de Chaves (2024)	57
Figura 11 —	Classificação dos eventos de precipitação para modelagem no SWMM	66
Figura 12 —	Comparação das vazões simuladas no SWMM e de Chaves (2024)	69
Figura 13 —	Interface da modelagem aplicada no software SWMM para TELBP1.....	70
Figura 14 —	Interface da modelagem aplicada no software SWMM para LID1.....	71
Figura 15 —	Comparação entre LSo de Chaves (2024) e LSs na calibração.....	75
Figura 16 —	Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs validação, CA2 e CA4.....	77
Figura 17 —	Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs validação, CM2 e CM4.....	78
Figura 18 —	Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs na validação, CB1.....	79
Figura 19 —	Escoamento dos cenários simulados no SWMM.....	83
Figura 20 —	Resultado da etapa de validação do modelo.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Termos adotados pelos autores para técnicas compensatórias sustentáveis...	22
Tabela 2	— Modelos de simulação hidrológica e suas aplicações.....	24
Tabela 3	— Versões, atualizações e modificações no software SWMM.....	28
Tabela 4	— Principais parâmetros de cada camada LID no SWMM.....	36
Tabela 5	— Combinação de camadas nos dispositivos LID no SWMM.....	37
Tabela 6	— Resumo das configurações adotadas para as sub-bacias.....	46
Tabela 7	— Eventos de precipitação selecionados para a modelagem no SWMM.....	50
Tabela 8	— Valores iniciais inseridos na configuração das camadas do LID no SWMM.	53
Tabela 9	— Configuração para implantar o LID na sub-bacia LID1.....	55
Tabela 10	— Correspondência de nomenclaturas, Chaves (2024) × SWMM.....	59
Tabela 11	— Eventos de chuva utilizados da calibração no SWMM.....	60
Tabela 12	— Eventos de chuva utilizados da validação no SWMM.....	61
Tabela 13	— Variação dos parâmetros para análise de sensibilidade no LID.....	63
Tabela 14	— Dados das modificações para nova estrutura do LID e tipo de solo.....	64
Tabela 15	— Configuração após calibração das camadas do LID no SWMM.....	73
Tabela 16	— Coeficiente de NSE para os eventos analisados.....	80
Tabela 17	— Parâmetros, faixas testadas e desempenho.....	81

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Alternative Techniques
BMP	Best Management Practices
BP	Bloco da Pesquisa
C2solo	Camada de solo
C2brita	Camada de brita
C4areia	Camada de areia
CMS	Metros cúbicos por segundo
CN	Curve Number
CT	Compensatory Techniques
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
FC	Capacidade de Campo
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GI	Green Infrastructure
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IUWM	Integrated Urban WaterManagement
LENHS	Laboratório de eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento
LID	Low Impact Development
LIUDD	Low Impact Urban Design and Development
Ksat	Condutividade hidráulica saturada
LID1	Sub-bacia área do dispositivo de baixo impacto
LPM	Litros por minuto
LPS	Litros por segundo
LS	Lâmina superficial
LSs	Lâmina superficial simulada
LSo	Lâmina superficial observada
MBE	Mean Bias Error
NRCS	Natural Resources Conservation Service
NSE	Nash-Sutcliffe Efficiency
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU	Organização das Nações Unidas
PTOTAL	Precipitação Total
R^2	Coefficiente de determinação
RMSE	Root mean-square error
SCM	Stormwater Control Measures
SCS	Soil Conservation Service
SI	Sistema Internacional de Unidades
SQID	Stormwater Quality Improvement Devices
SUDS	Sustainable Urban Drainage Systems
SWMM	Storm Water Management Model
TELBP1	Sub-bacia área de contribuição parte do telhado
TR	Período de retorno
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UTM	Universal Transverse Mercator
VolS	Volume de armazenamento superficial
VolSs	Volume de armazenamento subsuperficial
WRE	Water Resources Engineers
WSUD	Water Sensitive Urban Design

LISTA DE SÍMBOLOS

θ_{fc}	Capacidade de campo
Ψ	Sucção capilar
θ_{wp}	Ponto de mucha
φ	Porosidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivos Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
3.1	Urbanização e seus Impactos.....	19
3.2	Técnicas Compensatórias para Drenagem Urbana.....	21
3.3	Modelagem Hidrológica.....	23
3.3.1	<i>Storm Water Management Model - SWMM.....</i>	27
3.3.1.1	<i>Escoamento Superficial.....</i>	29
3.3.1.2	<i>Infiltração.....</i>	31
3.3.2	<i>Storm Water Management Model - SWMM (Módulo LID)</i>	33
3.3.3	<i>Calibração e Validação do Modelo.....</i>	38
3.3.4	<i>Análise de Sensibilidade.....</i>	39
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1	Caracterização da Área de Estudo.....	42
4.2	Modelagem no SWMM.....	44
4.2.1	<i>Configuração da Sub-bacia.....</i>	45
4.2.1.1	<i>Dados de Entrada (input).....</i>	45
4.2.1.2	<i>Dados de Precipitação.....</i>	49
4.2.2	<i>Definição dos Parâmetros LID.....</i>	51
4.2.2.1	<i>Dados Estruturais.....</i>	51
4.2.2.2	<i>Dados das Camadas.....</i>	52
4.2.3	<i>Avaliação da Infiltração nas Camadas do LID.....</i>	56
4.2.4	<i>Calibração do Modelo.....</i>	59
4.2.5	<i>Validação do Modelo.....</i>	61
4.2.6	<i>Análise da Sensibilidade.....</i>	62
4.2.7	<i>Cenários Analisados.....</i>	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
5.1	Análise dos eventos de precipitação.....	66
5.2	Modelagem no SWMM.....	68

5.2.1	<i>Vazão da Área de Contribuição.....</i>	68
5.2.2	<i>Aplicação do LID na Sub-bacia.....</i>	70
5.2.3	<i>Calibração da Infiltração nas Camadas do LID.....</i>	71
5.2.4	<i>Validação da Infiltração nas Camadas do LID.....</i>	76
5.3	<i>Análise da Sensibilidade.....</i>	80
5.4	<i>Análise dos Cenários.....</i>	83
6	CONCLUSÃO.....	86
	REFERÊNCIAS.....	88
	APÊNDICE A - PASSOS METODOLÓGICOS E DADOS GERADOS.....	94

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a urbanização transformou paisagens naturais em ambientes complexos, trazendo desafios relacionados ao manejo sustentável das águas pluviais. A crescente impermeabilização decorrente da urbanização tem provocado alterações significativas das consequências do ciclo hidrológico, como a redução da infiltração, o aumento do escoamento superficial e o agravamento do risco de inundações. Essas mudanças ressaltam a urgência de estratégias eficazes para mitigação desses impactos.

Além disso, esses problemas são agravados por práticas inadequadas de gestão urbana, como o descarte irregular de resíduos sólidos e a poluição difusa, que comprometem o desempenho dos sistemas de drenagem e dificultam o escoamento eficiente das águas pluviais (Kim et al., 2018). A abordagem tradicional, que se limita a simplesmente afastar rapidamente o excesso de água, frequentemente transfere os problemas para outras áreas, evidenciando a necessidade de soluções mais integradas e sustentáveis (Leite, 2012).

Nesse contexto, técnicas compensatórias, como as práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID), destacam-se como soluções promissoras, capazes de restaurar parte do balanço hídrico natural em áreas urbanas (Zanandrea et al., 2019; Lisenbee et al., 2022). Entre as alternativas que se destacam para mitigar os impactos da urbanização, destaca-se o uso de jardins de chuva. São sistemas de biorretenção projetados para capturar, infiltrar e tratar as águas pluviais, reduzindo o escoamento superficial e favorecendo a recarga dos aquíferos. Além disso, são soluções de baixo custo e fácil manutenção, amplamente utilizadas em países como Estados Unidos e Austrália (Canholi, 2015; EPA, 2015). Estudos recentes demonstram que essas soluções sustentáveis contribuem significativamente para o controle do escoamento superficial e a mitigação de inundações, além de favorecerem a recarga e a qualidade das águas subterrâneas (Sadeghi et al., 2024; Lisenbee et al., 2022).

No entanto, a eficácia e limites dessas soluções em contextos urbanos tropicais ainda necessita ser bem compreendida e validada, especialmente em relação às suas condições específicas de solo, clima e precipitação. Em regiões tropicais, a elevada intensidade e frequência de chuvas, aliadas a impermeabilização do solo urbano e à deficiente infraestrutura de drenagem, potencializam o risco de enchentes, tornando essencial o uso de modelos hidrológicos para prever, mitigar e planejar intervenções mais eficazes (Irvine et al., 2023).

O uso do software *Storm Water Management Model* (SWMM), um modelo de precipitação e escoamento (chuva – vazão) usado para simulação da quantidade e qualidade do escoamento principalmente em áreas urbanas (SWMM, 2015), permite realizar simulações detalhadas de cenários hidrológicos, possibilitando analisar o desempenho de sistemas de biorretenção como os jardins de chuva. Essa modelagem não apenas auxilia na validação de dados monitorados em campo, mas também viabiliza a comparação de estratégias e o planejamento de intervenções mais eficazes em projetos de drenagem urbana sustentável (Kim et al., 2017).

Dessa forma, busca-se contribuir para um manejo mais eficiente e adaptado às condições locais, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), em especial o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e o ODS 6 (Água Potável e Saneamento).

O presente estudo propõe a utilização do SWMM para analisar e validar os dados de um jardim de chuva experimental existente em uma região de clima tropical com os resultados obtidos por Chaves (2024).

A relevância dessa pesquisa reside na necessidade de adaptar e validar soluções inovadoras em contextos locais, assegurando a eficácia de estratégias sustentáveis diante de desafios específicos, como os encontrados em áreas urbanas brasileiras, clima tropical. A pesquisa proposta visa disseminar práticas que promovam cidades mais resilientes, alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, formula-se a hipótese que a aplicação do software para a modelagem de jardins de chuva, utilizando dados previamente disponíveis, permitirá uma análise mais precisa e detalhada do desempenho hidrológico dessas infraestruturas. Essa abordagem busca não apenas validar os resultados já obtidos na modelagem de Chaves (2024), mas também identificar limites, discrepâncias e oportunidades de melhoria, ressaltando o domínio do SWMM como ferramenta para o planejamento e otimização de soluções sustentáveis de drenagem urbana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar, calibrar e validar o comportamento hidrológico de um sistema de biorretenção e simular possíveis cenários, utilizando dados monitorados de um jardim de chuva experimental, por meio da aplicação do modelo SWMM, visando analisar sua eficiência no controle do escoamento superficial e contribuir para estratégias sustentáveis de manejo urbano.

2.1 Objetivos Específicos

1. Aplicar o SWMM para simular o comportamento hidrológico de um jardim de chuva com base de dados existentes, garantindo consistência entre os cenários modelados, na calibração e validação.
2. Comparar os resultados obtidos pelo SWMM com aqueles monitorados por Chaves (2024) avaliando discrepâncias, convergências e identificar os parâmetros mais sensíveis na modelagem.
3. Propor ajustes metodológicos e operacionais baseados nos resultados da comparação, buscando otimizar a eficiência de jardins de chuva em áreas urbanas.
4. Simular soluções sustentáveis de biorretenção que podem contribuir para a mitigação de impactos da urbanização.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo reúne os fundamentos teóricos que sustentam a pesquisa, abordando os impactos da urbanização, as técnicas compensatórias de drenagem e a modelagem hidrológica. Também apresenta o SWMM e seus componentes, além dos processos de calibração e análise de sensibilidade do modelo.

3.1 Urbanização e seus Impactos

Desde o início do século XIX, durante o período imperial no Brasil, a devastação de áreas verdes intensificou-se para a expansão da agricultura, impulsionada pela economia cafeeira. Com o advento da industrialização, ocorreu uma migração significativa da população rural para os centros urbanos, frequentemente sem o devido planejamento (Porto-Gonçalves, 2006).

No contexto da drenagem urbana, as primeiras medidas adotadas por engenheiros buscaram compensar a perda de áreas naturais de armazenamento ao aumentar a velocidade do escoamento pluvial por meio de obras de canalização (Canholi, 2015). No entanto, essas intervenções tiveram consequências adversas, como o agravamento de enchentes, a erosão dos cursos d'água e a degradação da qualidade da água. Além disso, a crescente urbanização resultou na impermeabilização generalizada dos solos, reduzindo a infiltração e aumentando os impactos das chuvas intensas (Leite, 2012).

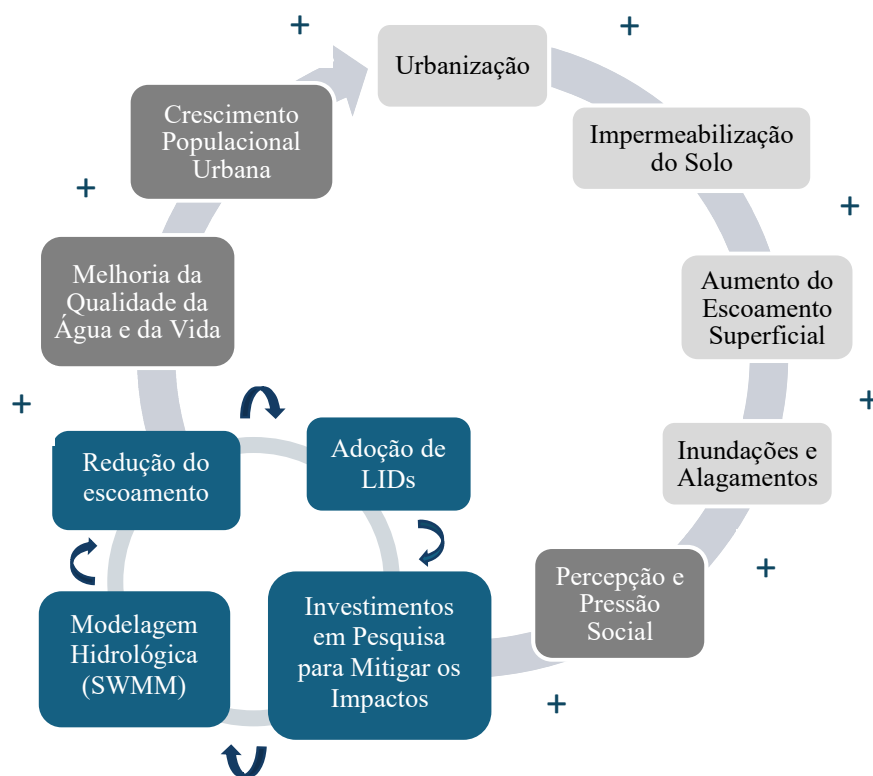
Esse processo desencadeou inúmeros problemas em ambientes urbanos, incluindo a disseminação de doenças de veiculação hídrica, o descarte inadequado de resíduos sólidos, escassez de moradias, formação de favelas e a precariedade de serviços públicos como saúde, educação e transportes (Gonçalves et al., 2018).

A Secretaria de Comunicação Social do Brasil (2024), divulgou dados compilados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que embora tenha sido observada uma desaceleração no ritmo da urbanização durante a pandemia e os maiores centros urbanos já não apresentem o expressivo crescimento do passado, eles ainda mantêm um peso demográfico resultante de um processo de concentração que se estende por décadas (BRASIL, 2024). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a estimativa é que, até 2050, a população urbana cresça 68%, o que representa um acréscimo de cerca de 2,2 bilhões de pessoas (ONU, 2022).

Paralelamente, a urbanização descontrolada, associada à intensificação dos efeitos das mudanças climáticas, constitui um dos principais fatores que levam ao aumento excessivo do escoamento superficial, comprometendo a eficiência dos sistemas tradicionais de manejo de águas pluviais (Eckart et al., 2017). Os modelos climáticos projetam consistentemente que a frequência, magnitude e a duração dos extremos climatológicos intensificarão ao longo deste século (Gray et al., 2023).

A Figura 1 demonstra graficamente as interações mútuas entre a sociedade e o ciclo hidrológico, socio-hidrologia, deve-se ser considerando para obter-se uma melhor gestão das áreas drenadas. Fatores sociais, econômicos, culturais e institucionais influenciam, e são influenciados, pela dinâmica da água.

Figura 1 – Interações mútuas entre a sociedade e o ciclo hidrológico



Fonte: Autora (2025).

Com o crescimento populacional, que impulsiona a urbanização e, consequentemente, a impermeabilização do solo. Esse processo reduz a capacidade de infiltração da água, resultando no aumento do escoamento superficial e a ocorrência de inundações e alagamentos, comprometendo assim a segurança e a qualidade de vida da população. Nesse contexto gera-se uma percepção e pressão social para que soluções

sejam implementadas, medidas sustentáveis que promovem a redução do escoamento e a melhoria da qualidade da água ganham relevância na sociedade.

A etapa de modelagem hidrológica, representada no diagrama pelo uso do SWMM, assumindo o papel central no planejamento, pois permite simular cenários, avaliar a eficiência das soluções propostas e apoiar a tomada de decisão. A adoção bem-sucedida de dispositivos contribui para a redução do escoamento e a melhoria da qualidade de vida da população urbana, fechando o ciclo e criando condições mais resilientes e sustentáveis para o ambiente urbano (Ni et al., 2025).

A falta de capacitação técnica é uma barreira recorrente entre cidadãos interessados, que muitas vezes desconhecem critérios de projeto e manutenção para essas estruturas verdes. Modelos específicos de cálculo e orientação ainda são escassos ou pouco acessíveis ao público geral (Kravchenko et al., 2024).

3.2 Técnicas Compensatórias para Drenagem Urbana

Historicamente, a gestão de águas pluviais esteve focada no controle de enchentes por meio da redução das vazões máximas. Porém, o agravamento das mudanças climáticas e a expansão desordenada das cidades, demandaram uma evolução nas estratégias, com o objetivo de melhorar a qualidade da água, promoção da evapotranspiração e redução dos volumes de escoamento superficial por meio de processos naturais (Leite, 2012).

Nesse contexto, as técnicas compensatórias para drenagem urbana surgem como alternativas sustentáveis para minimizar esses impactos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico natural. Essas técnicas integram métodos capazes de restaurar parte do equilíbrio hídrico por meio de soluções de baixo impacto, como os sistemas de biorretenção (ex.: jardins de chuva), pavimentos permeáveis, telhados verdes e trincheiras de infiltração (Silva et al., 2020).

Os jardins de chuva, são dispositivos de engenharia utilizados para ajudar a controlar a drenagem urbana. Esses sistemas são compostos por camadas filtrantes de vegetação, solo e de armazenamento que, em conjunto, permitem a infiltração da água e reduzem a carga poluente transportada para os sistemas hídricos (Kim et al., 2017).

Outra solução são a utilização de pavimentos permeáveis, que possibilitam a infiltração da água da chuva diretamente no solo, reduzindo a sobrecarga nos sistemas de

drenagem convencionais. Segundo Silva et al. (2020), esses pavimentos são construídos com materiais porosos capazes de permitir a passagem da água.

Já os telhados verdes representam uma alternativa sustentável que contribui tanto para a retenção de águas pluviais, reduzindo o volume de escoamento e melhorando a qualidade do ambiente urbano. Esses sistemas auxiliam na regulação térmica e hídrica, mitigando os efeitos das ilhas de calor (Kim et al., 2017).

As valas de infiltração, por sua vez, são projetadas para armazenar temporariamente as águas das chuvas, permitindo sua infiltração gradual no solo. Esse processo contribui não apenas para a redução do escoamento superficial, mas também para a melhoria da qualidade da água infiltrada (Bratieres et al., 2008).

Na literatura, diferentes termos têm sido usados para descrever essas técnicas compensatórias, variando conforme o autor e a região. Nesta pesquisa será utilizado *Low Impact Development* (LID), as principais designações encontradas na literatura científica estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Termos adotados pelos autores para técnicas compensatórias sustentáveis

Siglas	Descrição/ Tradução
SCM	<i>Stormwater Control Measures/ Medidas de Controle de Águas Pluviais</i>
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems/ Sistema de Drenagem Urbana Sustentável</i>
GI	<i>Green Infrastructure/ Infraestrutura Verde</i>
LID	<i>Low Impact Development/ Desenvolvimento de Baixo Impacto</i>
BMP	<i>Best Management Practices/ Melhores Práticas de Gestão</i>
-	<i>Blue-Green Infrastructure/ Infraestruturas Verde-Azul</i>
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design/ Projeto Urbano Sensível à Água</i>
LIUDD	<i>Low Impact Urban Design and Development/ Projeto e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto</i>
IUWM	<i>Integrated Urban WaterManagement/ Gestão Integrada de Águas Urbanas</i>
AT	<i>Alternative Techniques/ Técnicas Alternativas</i>
CT	<i>Compensatory Techniques/ Técnicas Compensatórias</i>
SQID	<i>Stormwater Quality Improvement Devices/ Dispositivos de Melhoria da Qualidade das Águas Pluviais</i>

Fonte: Autora (2025).

A presença de elementos educacionais, como placas informativas e interação comunitária, podem reforçar a percepção das técnicas compensatórias como ferramentas ecológicas e educativas. Isso favorece o aprendizado ambiental e a valorização da gestão sustentável da água (Church, 2015).

De acordo com estudos de Rawski (2018), ainda é comum a ideia de que jardins de chuva são adequados apenas para grandes áreas urbanas, como ruas e estacionamentos, o que acaba desestimulando sua adoção em residências. Essa percepção, presente em diferentes contextos, muitas vezes resulta da pouca informação técnica sobre o desempenho dessas estruturas em pequena escala. A modelagem hidrológica pode ajudar a superar essa visão ao demonstrar que essas soluções também são eficientes no controle do escoamento superficial em áreas menores.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), práticas de desenvolvimento de baixo impacto são essenciais para proteger e restaurar a qualidade da água em áreas urbanas. Essas práticas focam no gerenciamento das águas pluviais diretamente em sua origem, imitando a hidrologia natural de um local antes do desenvolvimento (EPA, 2024).

3.3 Modelagem Hidrológica

A modelagem é o processo de criação de uma representação simplificada e abstrata de um sistema ou fenômeno real, utilizando diversas técnicas e ferramentas específicas para simular e analisar seu comportamento em diferentes condições (Menezes Filho et al., 2020).

Os modelos hidrológicos baseados em processos físicos buscam representar dos mecanismos do ciclo hidrológico, como infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial (Rossman, 2015).

Na Tabela 2 são apresentadas as diferenças entre alguns modelos hidrológicos e suas respectivas aplicações:

Tabela 2 – Modelos de simulação hidrológica e suas aplicações

Modelo	Criação	Última versão	Aplicação
HEC-1/ HEC-HMS (<i>Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System</i>)	1968/ 2000	4.10 (2023)	Simulação de bacias hidrográficas e eventos hidrológicos extremos.
SWMM (<i>Storm Water Management Model</i>)	1971	5.2.1 (2023)	Modelagem detalhada de sistemas de drenagem urbana, incluindo LID.
HSPF (<i>Hydrological Simulation Program-FORTRAN</i>)	1980	BASINS 4.5 (2019)	Modelagem de fluxo hídrico, qualidade da água e sedimentos em bacias hidrográficas.
HR WALLINGFORD (<i>Hydraulics Research</i>)	1981	Depende do sistema utilizado (<i>InfoWorks ICM</i> 2023)	Planejamento e análise de sistemas de drenagem urbana no Reino Unido.
DRAIMOND	1982	DRAINMOD-Forest (2012)	Simulação de drenagem e modelagem de fluxo subterrâneo.
DR3M (<i>Distributed Routing Rainfall-Runoff Model</i>)	1988	DR3M-QUAL	Simula o escoamento de chuva através de um sistema de tubos e/ou canais naturais, utilizando a precipitação como entrada.
SWAT (<i>Soil and Water Assessment Tool</i>)	1990	WAT+ (2023)	Simula quantidade e qualidade da água em grandes bacias, uso do solo e clima, para planejamento ambiental.
SIMDRENO	1997	-	Simula a posição do lençol freático e a umidade do solo na zona radicular.
HYDRUS	1999	HYDRUS 1D/2D	Simula quantidade e qualidade da água no solo (zona saturada e não saturada).
RECARGA MODEL	2002	RECARGA MODEL 2.3	Avalia o desempenho de instalações de biorretenção, jardins de chuva e bacias de infiltração.
PRODREN	2001	-	Simula o rebaixamento do lençol freático.

Fonte: Autora (2025).

O SWMM foi desenvolvido na década 70 para simular processos hidrológicos urbanos, como chuva, escoamento e infiltração. Posteriormente, passou a incluir estruturas de drenagem sustentável, como jardins de chuva e telhados verdes, sendo hoje amplamente usado no planejamento urbano (Kim et al., 2017; EPA, 2020).

Para Miguez et al. (2015), a modelagem hidrológica urbana deve ser entendida como uma ferramenta de gestão integrada da água, capaz de considerar tanto a microdrenagem quanto a macrodrenagem. Os autores ressaltam que a simulação de cenários é fundamental para apoiar o planejamento urbano, principalmente quando envolve medidas estruturais e não estruturais.

Nascimento et al. (2017) realizaram uma análise comparativa entre os modelos SWMM e HEC-HMS, aplicada à bacia urbana do córrego das Gorduras, em Belo Horizonte, Brasil. O estudo demonstrou que o SWMM requer maior detalhamento da rede de drenagem e da representação espacial da bacia para alcançar resultados mais precisos. Por outro lado, o HEC-HMS apresentou bom desempenho em simulações com menor nível de detalhamento, evidenciando sua aplicabilidade em contextos com disponibilidade limitada de dados.

A ferramenta SWMM-LID, uma extensão do modelo, permite a avaliação da eficiência de técnicas compensatórias, como jardins de chuva e pavimentos permeáveis, na mitigação do escoamento superficial e no controle da poluição difusa (EPA, 2022; Kim et al. 2017). Segundo os manuais de usuário do modelo, ele permite simular o desempenho hidrológico das estruturas, considerando variáveis como taxa de infiltração, armazenamento e evapotranspiração.

De acordo com estudos de Rawski (2018), prevalece a ideia de que os jardins de chuva são viáveis apenas em grandes áreas urbanas, como ruas e estacionamentos, o que pode desestimular sua adoção em propriedades residenciais. Essa percepção, observada em diferentes contextos urbanos, decorre muitas vezes da falta de informação técnica sobre o desempenho dessas estruturas em menor escala. Nesse sentido, a simulação de cenários por meio de modelagem hidrológica, como a realizada neste estudo, pode contribuir para quebrar essa visão limitada, demonstrando que jardins de chuva compactos também apresentam desempenho eficiente no controle do escoamento.

Em contraste com essa percepção restritiva, diversos estudos internacionais têm evidenciado a eficiência das técnicas LID mesmo em áreas densamente urbanizadas e de pequeno porte. Kim et al. (2018) realizaram um estudo na Coreia do Sul com o objetivo de avaliar a eficácia de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto em uma área

industrial urbana. O modelo SWMM foi aplicado para simular o escoamento superficial com e sem a implantação de estruturas como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes. Os resultados indicaram que a instalação dessas medidas reduziu significativamente o volume de escoamento e os picos de vazão, evidenciando o potencial das LID na mitigação de cheias e na melhoria do gerenciamento das águas pluviais em contextos densamente impermeabilizados.

De modo semelhante, Bibi et al. (2023) aplicaram o modelo SWMM na cidade de Robe, Etiópia, para estudar os impactos combinados da urbanização e das mudanças climáticas na eficiência dos sistemas de drenagem pluvial urbanos. A simulação demonstrou que o uso de técnicas compensatórias, como jardins de chuva e tanques de captação, contribuiu significativamente para reduzir os impactos das inundações. Esses resultados reforçam a importância da integração das LID ao planejamento urbano, comprovando que sua aplicação é viável e eficaz em diferentes escalas e contextos urbanos.

Eckart et al. (2017), em um estudo abrangente em diversas regiões da América do Norte e Europa, analisaram a implementação e o desempenho do LID em diferentes condições climáticas e urbanas. Eles destacaram que o SWMM foi amplamente utilizado para simulações hidrológicas contínuas, com um foco em replicar a hidrologia pré-desenvolvimento e melhorar as condições do ambiente a jusante. O estudo comprovou o desempenho do modelo para análises de longo prazo, possibilitando avaliar a capacidade de técnicas compensatórias em reduzir o escoamento superficial.

Zhang et al. (2020), investigaram em Kyoto, Japão, a eficiência de jardins de chuva no controle do escoamento de tempestades urbanas, aplicando o modelo SWMM. Os resultados demonstraram que, para eventos de precipitação de curto prazo, os jardins de chuva reduziram significativamente o volume de escoamento e a carga de poluentes. O estudo reforça a importância da modelagem hidrológica na implementação de infraestruturas verdes para mitigação dos impactos da urbanização na drenagem.

Avellaneda et al. (2017) realizaram um estudo de modelagem hidrológica para avaliar os efeitos cumulativos da infraestrutura verde em uma área residencial da cidade de Parma, Ohio, EUA. O estudo incorporou a instalação de 16 bacias de infiltração, 7 jardins de chuva e 37 barris de coleta de chuva. Para simular os efeitos dessas intervenções, o modelo SWMM (versão 5.1) foi calibrado e validado utilizando dados reais de vazão e umidade do solo, considerando cenários com e sem infraestrutura verde.

O estudo evidenciou o desempenho superior das LID's do tipo desconectado (sem dreno inferior) em comparação aos demais dispositivos.

Arjenaki et al. (2021), ao avaliarem o impacto de telhados verdes, pavimentos permeáveis e tanques de retenção em Shahrekord, Irã, aplicando o SWMM para avaliar a eficiência do escoamento superficial. Evidenciaram que os telhados verdes reduziram o volume de escoamento quase pela metade, enquanto os pavimentos permeáveis e os tanques de retenção reduziram em proporções menores. A pesquisa destacou que a efetividade dessas técnicas aumenta em eventos de maior TR.

Bezerra et al. (2020) utilizaram o SWMM na bacia do rio João Gualberto, em Florianópolis/SC, com o objetivo de avaliar a eficiência de técnicas de infraestrutura verde na redução do escoamento superficial. Foram simulados cenários com a implantação de jardins de chuva, trincheiras de infiltração e reservatórios de retenção, sob diferentes eventos pluviométricos. Os resultados indicaram reduções significativas no volume de escoamento e nos picos de vazão em comparação ao cenário atual, confirmando a efetividade dessas práticas no controle de cheias urbanas.

A literatura mostra que a ideia de que técnicas compensatórias seriam irrelevantes em pequenos lotes não se sustenta diante das pesquisas recentes. Demonstram que os LIDs apresentam bom desempenho mesmo em áreas compactas. Com isso, o SWMM tem se mostrado uma ferramenta eficaz para demonstrar a sua viabilidade.

3.3.1 Storm Water Management Model - SWMM

O software foi desenvolvido originalmente em 1971 pela Metcalf & Eddy em colaboração com a Universidade da Flórida e a Water Resources Engineers (WRE), com o apoio da EPA, utilizado para modelagem hidrológica e hidráulica de sistemas de drenagem urbana (EPA, 2015).

Na Tabela 3 são apresentadas as versões do SWMM, com suas respectivas atualizações e aprimoramentos ao longo do tempo.

Tabela 3 – Versões, atualizações e modificações no software SWMM

Versões	Ano	Organizadores	Modificações
SWMM I	1971	Metcalf & Eddy, Inc. Engenheiros de Recursos Hídricos Universidade da Flórida	Primeira versão do SWMM; escrito em FORTRAN, seu foco era a modelagem de CSO; poucos de seus métodos ainda são usados hoje.
SWMM II	1975	Universidade da Flórida	Primeira versão amplamente distribuída do SWMM.
SWMM 3	1981	Universidade da Flórida Camp Dresser & McKee	Rotina de fluxo de onda dinâmica completa, infiltração Green-Ampt, derretimento de neve e simulação contínua adicionadas.
SWMM 3.3	1983	US EPA	Primeira versão para computador.
SWMM 4	1988	Universidade Estadual do Oregon Camp Dresser & McKee	Água subterrânea, RDII, seções transversais de canais irregulares e outros refinamentos adicionados em uma série de atualizações ao longo da década de 1990.
SWMM 5	2005	US EPA CDM-Smith e Lewis A. Rossman	Reescrita completa do mecanismo SWMM em C; interface gráfica do usuário adicionada; algoritmos aprimorados e novos recursos (por exemplo, modelagem LID) adicionados.

Fonte: Adaptada da EPA (2022).

O SWMM permite simular o escoamento superficial, a qualidade da água e a eficiência de técnicas de manejo de águas pluviais em áreas urbanas. Aplicado em análises de microdrenagem, atua como um sistema dinâmico de chuva-vazão, incorporando processos hidrológicos e hidráulicos, e sofreu aperfeiçoamento ao longo do tempo incluindo ferramentas voltadas às práticas de LID (EPA, 2025).

Segundo o manual do SWMM, versão 5.0 (2010), o modelo é capaz de representar diversos processos hidrológicos, incluindo precipitações variáveis no tempo, evaporação de águas empoçadas, acumulação e degelo da neve, interceptação 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 e captação e retenção das precipitações e dos escoamentos em dispositivos de baixo impacto (EPA, 2010).

Na versão do SWMM 5.1 (2015), de acordo com o manual, ele possibilita o monitoramento da quantidade e qualidade do escoamento dentro de cada área, além de avaliar a vazão, a altura do escoamento e a carga de poluente em cada tubulação e canal, ao longo de um período de simulação. Sendo também possível a modelagem do desempenho hidrológico de tipos específicos de controles de LIDs (EPA, 2015).

Desde a sua criação, o software tem sido amplamente utilizado em estudos de redes de drenagem em diferentes regiões, abrangendo tanto águas residuárias quanto pluviais. Suas aplicações típicas incluem o dimensionamento de componentes e estruturas de retenção para controle de inundações, a concepção de estratégias para minimizar transbordamentos em sistemas unitários e mistos, a avaliação dos efeitos de contribuições e infiltrações nesses sistemas, verificação da eficácia de dispositivos de baixo impacto na redução do carreamento de poluentes durante eventos de chuva (EPA, 2022).

Em 2012 o Laboratório de eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) realizou a tradução e disponibilizou o software SWMM 5.0 para o idioma português brasileiro. O manual foi traduzido em conjunto com a empresa Eletrobras (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.) (LENHS, 2012).

Além disso, variáveis estudos internacionais demonstram que o SWMM é considerado uma das ferramentas mais robustas para modelagem hidrológica urbana, sendo amplamente adotado em pesquisas que avaliam técnicas de infraestrutura verde e de baixo impacto em diferentes contextos climáticos (Zhu et al., 2017).

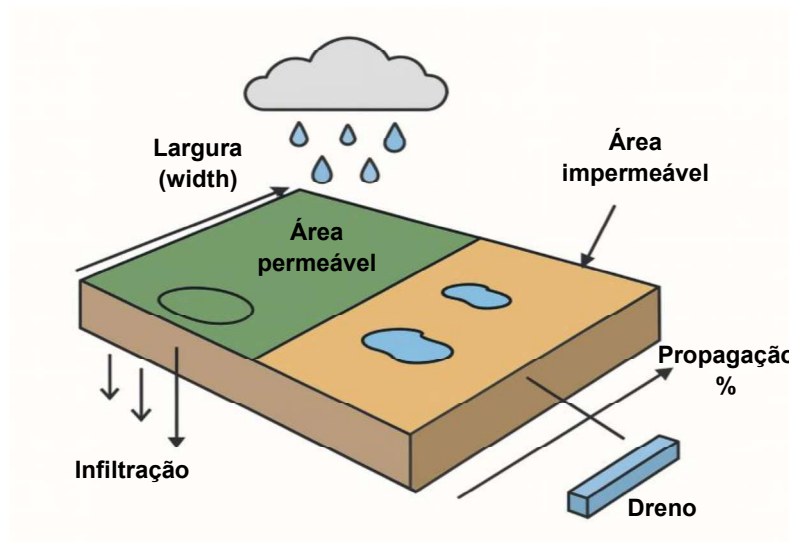
3.3.1.1 Escoamento Superficial

O escoamento pode ser classificado em uniforme e não-uniforme. Um escoamento uniforme ocorre quando o vetor velocidade, incluindo seu módulo, direção e sentido, é idêntico em todos os pontos de observação. Por outro lado, o escoamento, é considerado não-uniforme quando há variações em qualquer uma dessas características citadas anteriormente (Nascimento et al., 2017).

No modelo o escoamento é classificado como não-uniforme e não permanente, pois software considera variações espaciais e temporais nas condições de fluxo em condutos e canais (EPA, 2015).

Os parâmetros principais para o controle do escoamento superficial no modelo estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Parâmetros do escoamento superficial do SWMM



Fonte: Adaptado de EPA (2022).

No manual da versão SWMM 5.1 (2015), o escoamento superficial é simulado como se cada área (sub-bacia) fosse um reservatório não linear, que armazena parte da água da chuva devido a perdas como interceptação, umedecimento e depressões do terreno. Quando a precipitação excede essa capacidade, ocorre o escoamento. A profundidade da água em cada instante é calculada com base nas equações de Manning e da continuidade, resolvidas por meio do método de Newton-Raphson. Possui método de ajustar o valor da profundidade da água em cada passo de tempo, garantindo que o modelo conserve volume e respeitando a continuidade e o atrito da água.

Outro fator importante é a influência do uso e ocupação do solo, que pode ser parametrizada no modelo para representar áreas urbanas densamente impermeabilizadas, espaços verdes e zonas com infraestrutura de drenagem natural. Essa flexibilidade torna o software uma ferramenta essencial na análise de cenários para mitigação de enchentes e melhoria da qualidade da água pluvial (EPA, 2015).

3.3.1.2 Infiltração

A infiltração é o processo pelo qual a água da chuva penetra nas camadas superficiais do solo, preenchendo seus vazios sob a ação da gravidade, sendo uma das etapas mais importantes no ciclo hidrológico (Pruski et al., 2006).

No SWMM, esse processo pode ser representado pelos modelos de Horton, Green-Ampt e Curve Number, cada um com abordagens distintas para quantificar o processo ao longo do tempo (EPA, 2015).

O Modelo de Horton descreve a curva de infiltração do solo com base na determinação dos dados em modelos empíricos. Permitindo expressar a capacidade de infiltração em função do tempo, de constantes empíricas e parâmetros. A expressão apresentada por Horton (1945) é descrita conforme a Equação 1.

$$f(t) = fc + (f_0 - fc)e^{-kt} \quad (1)$$

Onde:

$f(t)$ taxa de infiltração no tempo t (mm/h);

fc taxa de infiltração inicial do solo (mm/h);

f_0 taxa de infiltração final do solo (mm/h);

k coeficiente empírico de decaimento (1/h);

t tempo decorrido desde o início da infiltração (h).

No entanto, a curva de decaimento da capacidade de infiltração pode não ocorrer em situações em que o solo já tenha atingido sua capacidade mínima de infiltração.

Os parâmetros de entrada no SWMM para este método são as:

- taxas de infiltração máxima e mínima;
- coeficiente de decaimento;
- tempo que o solo leva para ir de completamente saturado para completamente seco.

O método de Green-Ampt foi inicialmente proposto por Green, W.L. & Ampt, G.A. em 1911, baseado na Lei de Darcy, onde considera-se o solo homogêneo, com teor de umidade inicial que permanece constante. A equação básica é apresentada na Equação

2 e a taxa de infiltração é dada pela Equação 3. A primeira equação é geral; a segunda é usada quando já há um volume acumulado infiltrado.

$$f = \psi \cdot \Delta\theta \cdot \ln\left(\frac{F}{\psi \cdot \Delta\theta} + 1\right) \quad (2)$$

Onde:

f é a taxa de infiltração (mm/s);

ψ é o potencial matricial (m);

$\Delta\theta$ é a diferença de umidade entre o solo saturado e inicial (m³/m³);

F é a infiltração acumulada até o momento (m).

$$f = Ks\left(\frac{\psi \cdot \Delta\theta}{F} + 1\right) \quad (3)$$

Onde:

f é a capacidade de infiltração (mm/s);

ψ é o coeficiente de permeabilidade (m/s);

$\Delta\theta$ é o potencial matricial da frente de molhamento (m);

F é a infiltração acumulada até o momento (m);

Ks é a condutividade hidráulica do solo saturado (m/s).

Os parâmetros de entrada no SWMM para este método são:

- capacidade de sucção por capilaridade na camada úmida;
- déficit inicial de umidade no solo e;
- condutividade hidráulica do solo.

As duas equações são aplicadas no SWMM quando se escolhe o método de infiltração Green-Ampt para simulação em superfícies permeáveis nas camadas.

Já no método de Curva-Numbers (CN), trata-se de uma aproximação do método do Natural Resources Conservation Service (NRCS), onde assume-se que a capacidade de infiltração total pode ser estimada com o CN tabelado. Tal capacidade é reduzida em função da precipitação acumulada e capacidade remanescente.

A Equação 4 demonstra como o Soil Conservation Service - Curve Number (SCS-CN) é calculado, desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solos dos EUA em 1954.

Calcula-se a profundidade de escoamento direto (Q) com base na precipitação total (P) e no potencial de retenção máxima do solo (S).

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{(P-Ia) + 2}, \text{ para } P > Ia \quad (4)$$

Onde:

Q é o escoamento superficial direto (mm);

P é a precipitação total (mm);

Ia é a abstração inicial (mm), que representa perdas iniciais por infiltração, depressões.

Geralmente, assume-se “Ia” conforme Equação 5.

$$Ia = 0,2 \cdot S \quad (5)$$

Onde:

Ia é a perda inicial (mm);

S é o potencial de retenção máxima do solo (mm).

Os parâmetros de entrada no SWMM para este método são as:

- o CN e o tempo que leva um solo saturado para secar completamente.

Essa equação estima quanto da chuva vira escoamento superficial direto, após descontar o que foi infiltrado ou armazenado. Quanto menor o CN, maior a capacidade de infiltração e menor o escoamento.

3.3.2 Storm Water Management Model - SWMM (Módulo LID)

O SWMM-LID corresponde à função de gerenciamento de LIDs incorporada ao modelo hidrológico base, preservando a capacidade de simulação distribuída do processo chuva-vazão. Elementos como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes podem ser representados no modelo a partir da definição de camadas estruturais e de seus parâmetros específicos (Lisenbee et al., 2022; Kim et al., 2018).

A representação desses dispositivos no SWMM não utiliza explicitamente equações diferenciais, mas se fundamenta em um balanço de massa simplificado, em que cada camada atua como um reservatório com fluxos de entrada e saída. Nesse sentido, enquanto alguns trabalhos acadêmicos descrevem o funcionamento dos LIDs por meio de equações diferenciais que expressam a variação do armazenamento ao longo do tempo, o SWMM adota uma abordagem conceitual e paramétrica, baseada em entradas e saídas definidas para cada camada (EPA,2015).

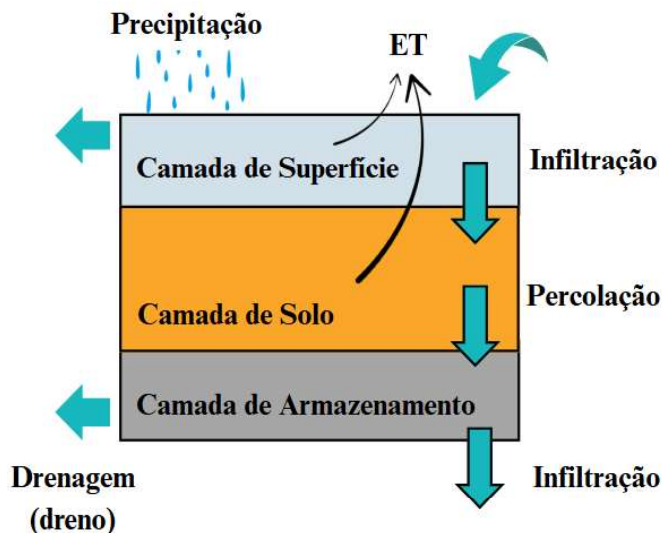
Dessa forma, a dinâmica do sistema é resultado da interação entre precipitação, infiltração, evaporação, escoamento superficial e drenagem, garantindo a consistência hidrológica do modelo. Além disso, os objetos representando instalações LID podem ser replicados em várias sub-bacias (EPA, 2022).

Na versão SWMM 5.1 (2015), introduziram-se alguns tipos específicos de LID, tais como:

- Bacia de Infiltração (*Bioretention Cells*) - são depressões que contêm vegetação cultivada em uma mistura de solo projetada colocada acima de um leito de drenagem de cascalho.
- Trincheira de infiltração (*Infiltration Trenches*) - são valas estreitas preenchidas com cascalho que interceptam o escoamento de áreas impermeáveis em aclives.
- Pavimento Permeável (*Permeable Pavement*) - são áreas escavadas preenchidas com cascalho e pavimentadas com uma mistura de concreto ou asfalto poroso.
- Cisterna (*Rain Barrels*) - são contêineres que coletam o escoamento do telhado durante eventos de tempestade e podem liberar ou reutilizar a água da chuva durante os períodos de seca.
- Vala de Infiltração (*Infiltration Trenches*) - são valas estreitas cheias de cascalho que interceptam o escoamento de áreas impermeáveis da encosta.

A Figura 3 ilustra o esquema de estrutura das camadas do dispositivo no SWMM.

Figura 3 – Esquema das camadas de um sistema de biorretenção, SWMM-LID



Fonte: Adaptado de EPA (2022).

Na versão mais recente, SWMM 5.2.4, lançada em 2023, foram aprimoradas as capacidades do modelo para representar práticas de LID de forma mais detalhada. Além disso, essa atualização corrigiu alguns bugs e incluiu novos módulos e parâmetros de modelagem, ampliando a sua funcionalidade (EPA, 2025).

Na versão atualizada, incluem também novos controles genéricos de LID's, tais como:

- Jardim de Chuva (*Rain Gardens*) - são um tipo de célula de biorretenção que consiste apenas na camada de solo projetada, sem leito de cascalho abaixo dela.
- Telhado Verde (*Green Roof*) - são outra variação de uma célula de biorretenção que tem uma camada de solo sobre uma esteira de drenagem especial que transporta o excesso de chuva percolada do telhado.
- Desconexão do Telhado (*Rooftop Disconnection*) - descarga para áreas paisagísticas anteriores e gramados, em vez de diretamente em bueiros.
- Vala com Revestimento Vegetal (*Vegetative Swales*) - canais ou áreas deprimidas com lados inclinados cobertos com grama e outra vegetação.

Essa evolução permite que os usuários configurem cenários cada vez mais próximos da realidade, simulando desde práticas descentralizadas em lotes residenciais

até projetos em escala de bacia, favorecendo também maior flexibilidade para calibração e análise de sensibilidade dos parâmetros hidrológicos (Rossman et al., 2023).

Um resumo dos principais parâmetros de cada camada se encontra na Tabela 4.

Tabela 4 – Principais parâmetros de cada camada LID no SWMM

Camada	Parâmetros principais	Descrição
Superfície (<i>Surface Layer</i>)	Profundidade máxima; Coeficiente de Manning (rugosidade); Declividade; Volume ocupado por vegetação.	Representa o acúmulo inicial da lâmina d'água sobre o LID, permitindo infiltração no solo, escoamento superficial e evaporação.
Solo (<i>Soil Layer</i>)	Espessura da camada; Porosidade; Capacidade de campo (θ_{fc}); Ponto de murcha (θ_{wp}); Condutividade hidráulica saturada (K_{sat}); Sucção capilar (Ψ); Coeficiente de declividade da condutividade.	Controla a infiltração no solo, o armazenamento temporário nos poros e a percolação para camadas mais profundas.
Armazenamento (<i>Storage Layer</i>)	Espessura da camada; Índice de vazios; Taxa de infiltração para o subsolo; Fator de colmatação.	Representa materiais de maior granulometria (brita/cascalho) que armazenam volumes de água e permitem infiltração ou drenagem.
Dreno (<i>Drain Layer</i>)	Deslocamento do dreno em relação ao fundo; Coeficiente de descarga; Expoente de descarga.	Define a saída de água por drenos instalados no fundo da camada de armazenamento, controlando a curva de vazão de fundo.

Fonte: Adaptado de EPA (2022).

A Tabela 5 indica quais combinações de camadas estruturais se aplicam a cada tipo de dispositivo.

Tabela 5 – Combinação de camadas nos dispositivos LID no SWMM

Tipo de LID	Superfície	Pavimento	Solo	Armazenamento	Drenagem	Dreno
Bacia de Filtração	x	-	x	x	o	-
Jardim de Chuva	x	-	x	-	-	-
Telhado Verde	x	-	x	-	-	x
Vala de Infiltração	x	-	-	x	o	-
Pavimento Permeável	x	x	o	x	o	-
Cisterna	-	-	-	x	x	-
Desconexão do Telhado	x	-	-	-	x	-
Vala com Revestimento Vegetal	x	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado EPA (2022).

Notas: O “x” indica que a camada é obrigatória no tipo de LID, no caso de “o” a camada é opcional, ou seja, pode estar presente, por fim o símbolo “-” indica a ausência da camada, assim, não aplicável ao tipo de LID.

Essa correspondência permite identificar as características específicas de cada solução de baixo impacto, facilitando sua implementação nos cenários de drenagem simulados. Dessa forma, o modelo consolida-se como uma das principais ferramentas computacionais de apoio ao planejamento sustentável e de tomada de decisão em drenagem urbana (Rossman et al., 2023).

Hohaia et al. (2011) representaram o balanço de massa em cada uma das camadas, superfície, solo e armazenamento conforme as Equações 6, 7 e 8, respectivamente.

$$\frac{\partial d1}{\partial t} = q0 - e1 - f1 - q1 \quad (6)$$

Onde:

$d1$ é a altura da lâmina d’água sobre o pavimento (mm);

$q0$ é a entrada de água (chuva + escoamento que chega), aumenta $d1$;

$e1$ é a evaporação da superfície, reduz $d1$;

$f1$ é a infiltração da superfície para a camada de solo, reduz $d1$;

$q1$ é a escoamento superficial (*runoff*), reduz $d1$.

$$\frac{\partial d2}{\partial t} = f1 - e2 - fp \quad (7)$$

Onde:

$d2$ é a armazenamento de água na camada de solo (mm);

$f1$ é a água infiltrada da superfície, aumenta $d2$;

$e2$ é a evaporação do solo, reduz $d2$;

fp é a percolação (água descendo para a camada mais profunda), reduz $d2$.

$$\frac{\partial d3}{\partial t} = fp - e3 - f2 - q3 \quad (8)$$

Onde:

$d3$ é o volume de água armazenada na camada de drenagem (mm);

fp é a percolação que chega do solo, aumenta $d3$;

$e3$ é a evaporação do armazenamento, reduz $d3$;

$f2$ é a infiltração no subsolo natural (quando existe), reduz $d3$;

$q3$ é a vazão de fundo (escoamento subsuperficial, pelo dreno), reduz $d3$.

3.3.3 Calibração e Validação do Modelo

A eficiência de um modelo hidrológico está diretamente relacionada à qualidade e representatividade dos dados inseridos, uma vez que os parâmetros precisam refletir com fidelidade as características físicas e hidrológicas da bacia. Conforme destaca Beven (2012), a capacidade preditiva de um modelo depende da adequada caracterização dos processos e da minimização de incertezas associadas aos parâmetros.

O processo de calibração é descrito por Moriasi et al. (2007) como a estimativa de parâmetros a partir da comparação entre valores simulados pelo modelo e dados observados, buscando reduzir discrepâncias e melhorar a representatividade das condições reais. Pode ser realizada manualmente, por meio de tentativa e erro, o que exige experiência e conhecimento sobre os processos hidrológicos e pode se tornar um trabalho minucioso. Alternativamente, pode-se adotar a calibração automática, em que algoritmos

de otimização ajustam os parâmetros para minimizar as diferenças entre resultados simulados e observados. Nesse caso, é necessário definir uma função objetivo que guiará a busca pelo melhor conjunto de parâmetros.

Silveira et al. (2022) aplicaram a calibração manual do modelo para a bacia do Ribeirão Vai e Volta, em Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, ajustando parâmetros sensíveis como área impermeável, largura e declividade das subáreas, além do coeficiente de Manning.

Na validação, Tucci (2005) discorre que desempenho do modelo é aferido por meio de métricas estatísticas que comparam dados simulados e observados. Caso os erros se mantenham dentro de limites aceitáveis é considerado validado, caso contrário, recomenda-se o retorno à etapa de calibração para ajustes adicionais.

Broekhuizen et al. (2020), em sua pesquisa descreve que na validação, quanto maior a diversidade e a quantidade de dados disponíveis, maior a chance de se obter estimativas confiáveis; contudo, limitações na disponibilidade de medições podem restringir o processo.

Nos últimos anos, diversos estudos têm destacado o potencial da calibração automática como ferramenta de aprimoramento da modelagem hidrológica, permitindo a otimização sistemática dos parâmetros a partir dos dados obtidos das análises de sensibilidade.

3.3.4 Análise da Sensibilidade

De acordo com Ekmekcioglu et al. (2021), a análise de sensibilidade deve ser considerada como etapa que antecede a calibração, sendo empregada para identificar quais variáveis exercem maior influência nos resultados da simulação, permitindo assim que o ajuste posterior se concentre nos parâmetros mais relevantes.

No SWMM é um passo essencial para compreender quais parâmetros exercem maior influência sobre os resultados da modelagem. Como os modelos são altamente dependentes da qualidade e da consistência dos dados de entrada, a identificação dos parâmetros mais sensíveis permite concentrar os esforços de calibração naqueles que impactam de forma mais significativa o desempenho do modelo (Rossman, 2015; Broekhuizen et al., 2020).

Neste caso, a sensibilidade dos parâmetros pode variar conforme as características da bacia estudada e o tipo de técnica compensatória modelada. Parâmetros como a Ksat,

a profundidade da camada de solo, a inclinação da condutividade hidráulica e a porosidade da camada de armazenamento costumam apresentar relevância destacada, mas essa influência pode se alterar entre diferentes condições de simulação e eventos de precipitação (Ekmekcioglu et al., 2021; Li et al., 2015).

Em uma revisão sistemática realizada por Niazi et al. (2017), observou-se que, entre 34 estudos avaliados, 13 identificaram as características da superfície permeável, como o coeficiente de Manning e o armazenamento em depressão, além dos parâmetros de infiltração, como os mais relevantes para a sensibilidade do modelo.

A avaliação da sensibilidade pode ser realizada por meio da variação sistemática de parâmetros dentro de limites definidos a partir de dados de literatura e de valores medidos em campo. As alterações no desempenho do modelo podem ser avaliadas por meio de funções-objetivo baseadas em indicadores estatísticos, como o coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), que permite comparar valores simulados e observados em modelos hidrológicos e o Coeficiente de Determinação (R^2), que medem, respectivamente, a proximidade entre valores observados e simulados, e a qualidade do ajuste entre as séries (NASH; SUTCLIFFE, 1970; Moriasi et al., 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida com uma abordagem analítica e comparativa, utilizando um conjunto de dados existentes e ferramentas de modelagem hidrológica para avaliar o desempenho de técnicas compensatórias sustentáveis em áreas urbanas. A metodologia foi estruturada em três etapas principais:

- i) análise de outros estudos e dos dados existentes,
- ii) aplicação do software SWMM, calibrar e validar; e
- iii) realizar simulações em diferentes cenários. Adicionalmente, foi realizado discussão da gestão sustentável da drenagem urbana.

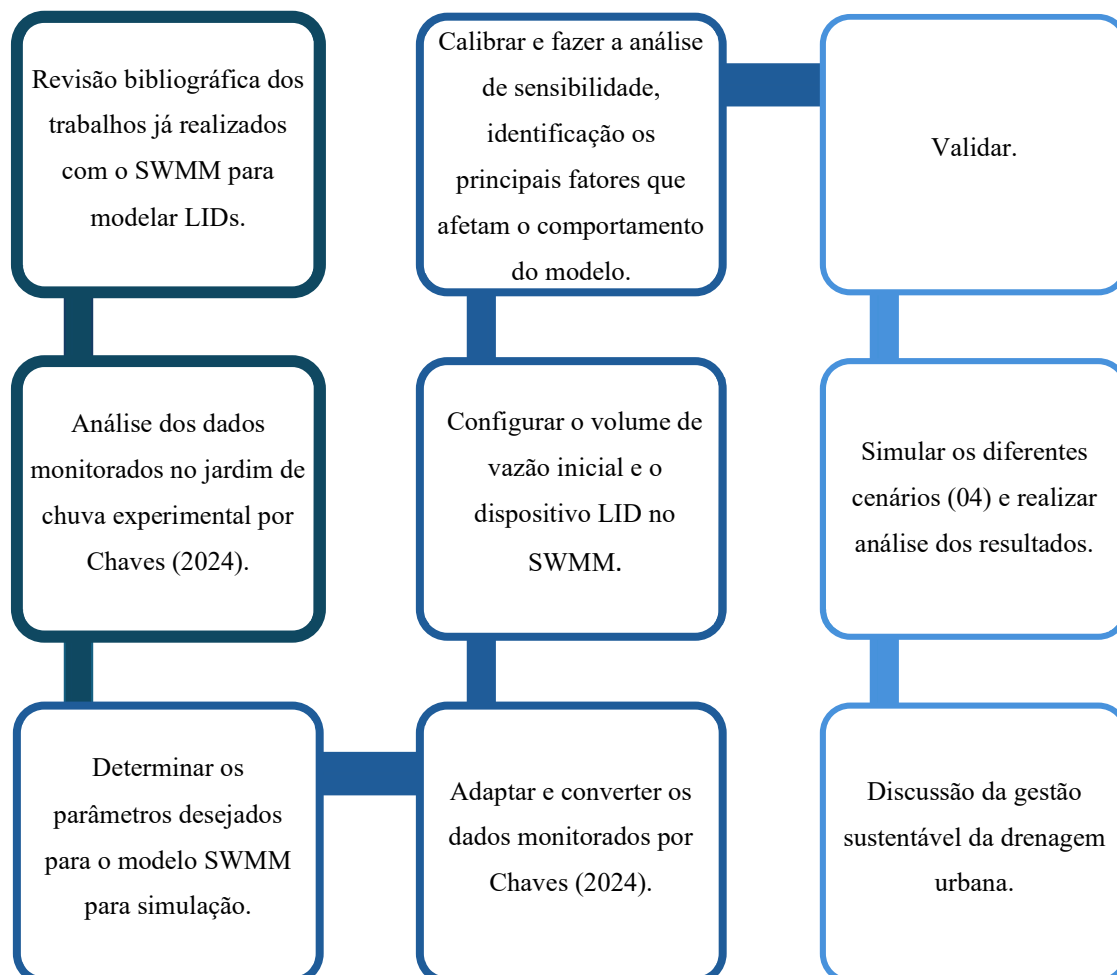
A primeira parte da metodologia foi constituída pela revisão bibliográfica e pela organização dos dados existentes do jardim de chuva experimental monitorado e analisado por Chaves (2024).

A segunda etapa consistiu na aplicação do modelo SWMM, incluindo a configuração da bacia de drenagem, modelagem do movimento da água no solo, implementação do LID, execução das simulações. Dados como área de contribuição e precipitação foram obtidos de outra pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental (PGTGA), que instalou um jardim de chuva com camadas de vegetação, solo e brita, dimensionado para captar água pluvial de parte do telhado do Bloco da Pesquisa (TELBP1) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *campus* Fortaleza, sem drenagem no fundo para solos locais. Para parâmetros não disponíveis, como coeficientes das camadas de solo e armazenamento, recorreu-se ao manual do modelo. Para maior precisão, foram realizados processos de calibração, análise de sensibilidade e validação.

Por fim, procedeu-se à análise comparativa dos resultados das simulações em quatro cenários: sem LID (C1-SL); e com LID (C2-CLEM); com alteração das características do solo (C3-CLSM); e por fim, com estrutura modificada e alteração das características do solo (C4-CLESM) simultâneos, identificando assim os principais fatores que influenciam o comportamento hidrológico e discutindo o potencial das soluções propostas para a redução do escoamento superficial, usando uma precipitação efetivamente de alta magnitude.

Pode-se compreender de forma detalhada a estrutura da metodologia desta pesquisa na ilustração da Figura 4.

Figura 4 – Fluxo metodológico da pesquisa



Fonte: Autora (2025).

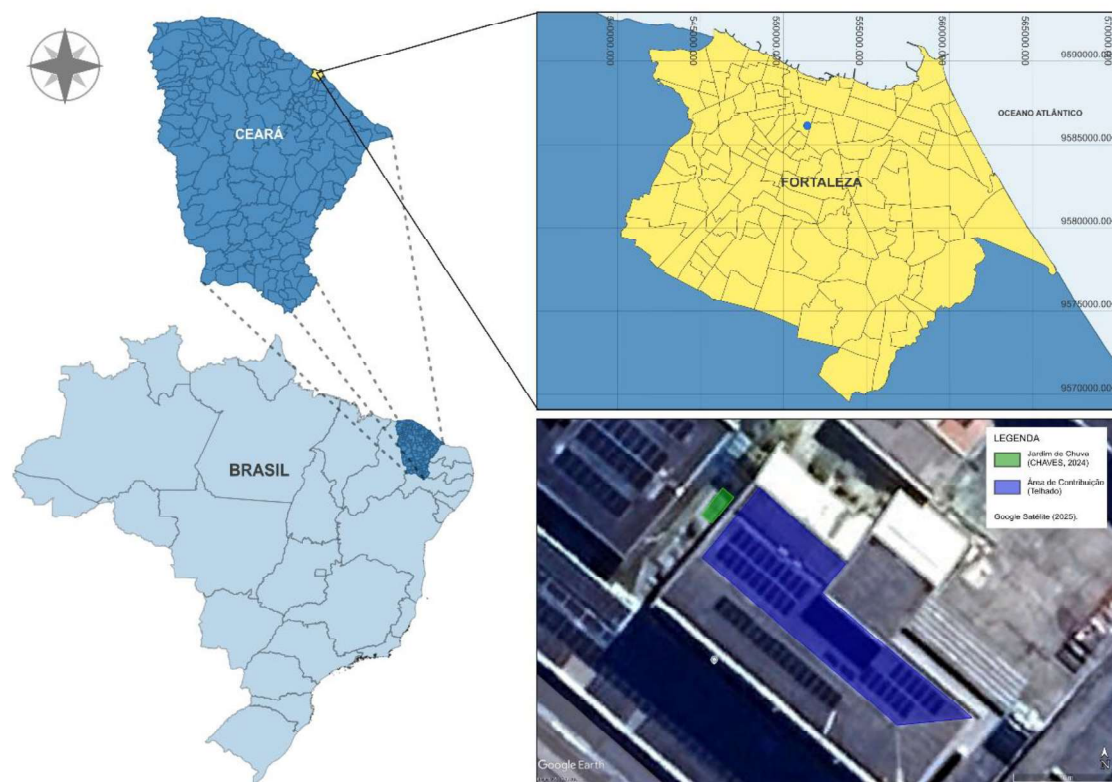
4.1 Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Fortaleza apresenta clima tropical quente e úmido (Aw), segundo a classificação de Köppen (1918), com temperaturas médias anuais de 27°C e umidade entre 70% e 80%. As chuvas concentram-se entre fevereiro e maio, totalizando uma média cerca de 1.428 mm anuais (média dos 4 postos de Fortaleza – Castelão, Messejana, Pici e FUNCEME), enquanto o período de junho a janeiro é marcado por estiagem. Esse regime pluviométrico, típico de ambientes tropicais, está relacionado à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formada pelo encontro dos ventos alísios dos hemisférios norte e sul, que provoca precipitações intensas na região (Chaves, 2024;

FUNCEME, 2024).

Os dados utilizados neste estudo são do jardim de chuva implantado por Chaves (2024) no IFCE, *campus* Fortaleza, localizado na Avenida Treze de Maio, 2081, Fortaleza, Ceará, Brasil, com coordenadas UTM 551.435,00 m E, 9.586.106,00 m S, na Zona 24 M. A Figura 5 ilustra a localização da implantação do jardim de chuva.

Figura 5 – Mapa de localização do jardim de chuva e da área de contribuição

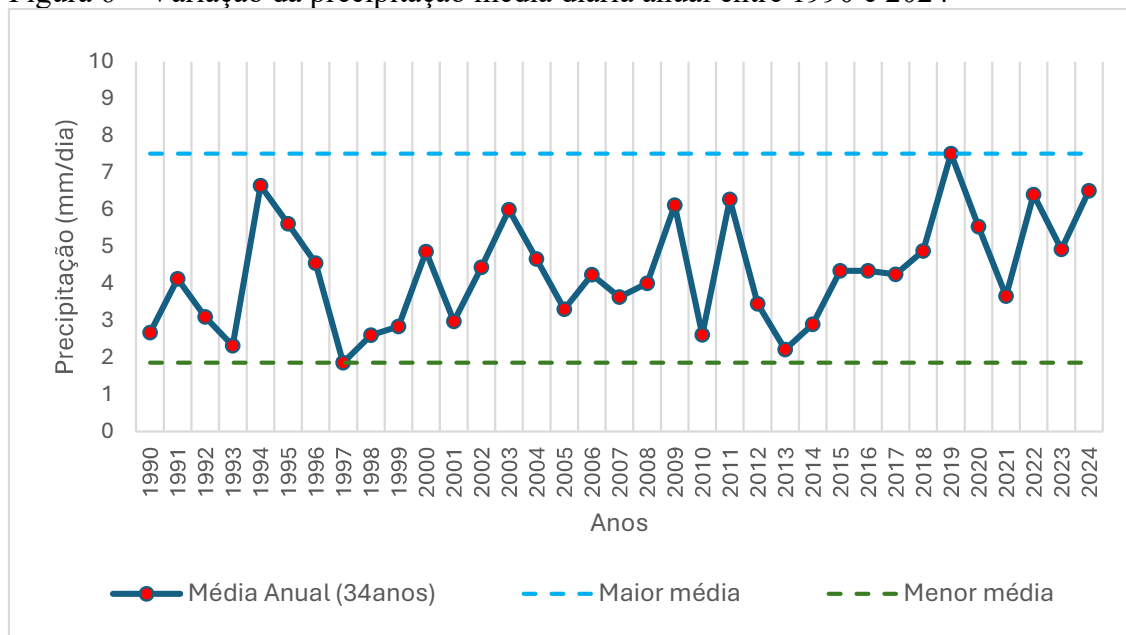


Fonte: Autora (2024).

Segundo Chaves (2024), para o dimensionamento e a instalação do LID *in loco* foi necessário o estudo de dados históricos de precipitação e monitoramento climatológico. Os valores foram obtidos da Estação Pluviométrica do Pici (coordenadas UTM 546.270,07 m E, 9.585.495,38 m S, na Zona 24 M), tendo como órgão responsável a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), para calcular o dimensionamento do jardim de chuva.

A Figura 6 apresenta os dados da variação da precipitação média diária anual entre 1990 e 2024 (34 anos) da Estação Pluviométrica do Pici (ID do posto - 363), localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

Figura 6 – Variação da precipitação média diária anual entre 1990 e 2024



Fonte: Autora (2024).

4.2 Modelagem no SWMM

A modelagem hidrológica foi desenvolvida no software SWMM 5.2 seguindo os manuais do usuário (versões 5.1 e 5.2), a área de estudo é dividida em sub-bacias, compostas por superfícies impermeáveis e permeáveis. O escoamento superficial é gerado a partir da precipitação, considerando infiltração e armazenamento, e conduzido por uma rede de tubulações (*conduits*) e nós (*nodes*) até estruturas de controle (*LID Controls*). No caso do jardim de chuva, o modelo representa o fluxo por meio de camadas (EPA, 2022).

Para essa modelagem, foi aplicado duas sub-bacias, uma representando o telhado do Bloco da Pesquisa (TELBP1) e outra correspondente a área do dispositivo de baixo impacto (LID1). Essa divisão permite compreender de forma para melhor compreensão da dinâmica e análise dos relatórios de simulação em cada etapa.

A Figura 7 ilustra a estrutura do fluxo de escoamento aplicada nas sub-bacias antes

e depois da instalação da estrutura de amortecimento aplicada neste estudo.

Figura 7 – Fluxo de escoamento na sub-bacia antes e depois da aplicação LID



Fonte: Autora (2025).

4.2.1 Configuração da Sub-bacia

As subseções a seguir descrevem as etapas aplicadas para a execução da modelagem no SWMM, abrangendo desde a inserção dos dados iniciais que caracterizam as sub-bacias, pluviometria, calibração, análise da sensibilidade dos dados até a validação. Em seguida segue-se para a simulações dos cenários.

4.2.1.1 Dados de Entrada (input)

Para a modelagem no SWMM, definiu-se a unidade de vazão em litros por segundo (LPS), pertencente ao Sistema Internacional de Unidades (SI) e amplamente utilizada em estudos hidrológicos.

As configurações adotadas estão resumidas na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Resumo das configurações adotadas para as sub-bacias

Parâmetro	Valor		Unidade	Origem
Nome da Sub-bacia	TELBP1	LID1	-	-
Área	0,018	0,000424	ha	Chaves (2024)
Largura média	5	3,26	m	Calculado
% Declividade	4	1	-	Chaves (2024)
% Impermeável	99,99	0	%	Calculado
N-Impermeável	0,012	-	s/m ^{1/3}	Calculado
N-Permeável	-	0,05	s/m ^{1/3}	Calculado
PA - Impermeável	1,50	-	mm	Calculado
PA - Permeável	-	5,00	mm	Calculado
% Zero Impermeável	0	0	%	-
Modelo de Infiltração	GREEN AMPT	GREEN AMPT	-	-
Sucção capilar (Ψ)	-	58,90	mm	Calculado
Condutividade hidráulica saturada (Ksat)	-	37,44	mm/h	Chaves (2024)
Déficit inicial	-	0,2135	-	Calculado
Geometria do conduto	CIRCULAR	CIRCULAR	-	-
Unidades de vazão	LPS	LPS	-	-
Desnível dos trechos	DEPTH	DEPTH	-	-

Fonte: Autora (2025).

Deve-se destacar que a sub-bacia TELBP1 tem como finalidade apenas simular o aporte de escoamento por meio da tubulação até o jardim de chuva, e que os parâmetros foram definidos de acordo com esse propósito.

Para a área da sub-bacia TELBP1, adotou-se o valor de 180 m², que direciona o escoamento pluvial para a unidade LID que está locado na sub-bacia LID1, com área 4,24 m². A largura média do escoamento superficial (*width*) da TELBP1 no valor de 5 m e 3,26 m respectivamente. A declividade (*%slope*) de 4% foi estimada com base na geometria do telhado e no caminho predominante da água até a unidade LID1 utilizando ferramenta de geolocalização Google Earth Pro versão 2025; e sub-bacia LID1 no valor de 1%.

Na TELBP1, considerou-se que 99,99% da área corresponde a superfície impermeável, estando toda ela diretamente conectada ao sistema de drenagem. Assim, o parâmetro *%Zero-Imperv* foi definido como 100%, indica qual porcentagem da área impermeável não possui esse armazenamento em depressão, ou seja, onde a água esco imediatamente após a chuva. O coeficiente de *Manning* (resistência ao escoamento da água em canais) para superfície impermeável (*N-Imperv*), na área TELBP1, foi definido como 0,012, valor típico para telhados lisos segundo o manual do usuário do modelo. Já na LID1, nas áreas permeáveis, adotou-se (*N-Perv*) igual a 0,05, valor utilizado por Chaves (2024) e recomendado pelo manual para gramados e solos vegetados.

A profundidade de armazenamento (PA) em depressão foi definida como 1,50 mm para superfícies impermeáveis (*Dstore-Imperv*), valor condizente com telhados lisos, e 5,00 mm para superfícies permeáveis (*Dstore-Perv*), de acordo com valores típicos indicados pelo manual do usuário 5.1.

Na sub-bacia LID1, adotou-se o método de Green-Ampt para representar o processo de infiltração no modelo. Em seu trabalho Chaves (2024), informa que o solo da camada superficial do jardim foi classificado como areia franca (*loamy sand*), com cerca de 82% de predominância de areia média.

Para estimar o valor da sucção capilar (Ψ) correspondente a K_{sat} do solo do local do jardim de chuva (37,44 mm/h solo superficial e 54,36 mm/h média do solo da base) determinada experimentalmente por Chaves (2024), foi empregada a metodologia de interpolação log-log entre classes texturais apresentadas na Tabela A.2 do manual do usuário versão 5.2, mostrado no Anexo A desse trabalho, que contém os valores de referência para solos¹ do tipo areia franca (*loamy sand*) e areia (*sand*) (EPA, 2022).

Os valores dos parâmetros foram convertidos para unidades SI com a tabela de referência e aplicada na Equação 6.

$$\log \Psi = \log \Psi_1 + (\log K_1 - \log K_*) \times \frac{\log \Psi_2 - \log \Psi_1}{\log K_2 - \log K_1} \quad (6)$$

Onde:

Ψ é a sucção capilar interpolada;

K_1 é a condutividade de referência para o solo do tipo areia franca;

¹ Nota: Areia franca: $K_{sat} = 1,18 \text{ in/h} \approx 29,972 \text{ mm/h}$, $\Psi = 2,40 \text{ in/h} \approx 61 \text{ mm}$; Areia: $K_{sat} = 4,74 \text{ in/h} \approx 120,396 \text{ mm/h}$, $\Psi = 1,93 \text{ in/h} \approx 49 \text{ mm}$.

ψ_1 é a sucção capilar de referência para solo do tipo areia franca;

K_2 é a condutividade de referência para o solo do tipo areia;

ψ_2 é a sucção capilar correspondente ao solo areia;

K_* é a condutividade determinada para o solo do LID.

Esse método é mais adequado do que a interpolação linear, uma vez que propriedades hidráulicas do solo, como K_{sat} , Ψ e teor de umidade, apresentam comportamento não linear e respondem de forma exponencial às mudanças na textura e estrutura do solo.

A sucção capilar estimada para o solo superficial do jardim de chuva ficou aproximadamente 58,90 mm, valor coerente com a faixa reportada para solos de textura franco-arenosa no manual do SWMM (EPA, 2022).

Para a definição do déficit inicial de umidade (*Initial Deficit*), adotou-se a recomendação do manual do usuário versão 5.2, segundo a qual esse parâmetro corresponde à fração do volume poroso que permanece seco no início da simulação. Assim, seu valor é obtido pela diferença entre a porosidade total do solo e sua umidade inicial, sendo equivalente à diferença entre porosidade e capacidade de campo (θ_{fc}) quando o solo se encontra completamente drenado (EPA, 2022).

A porosidade do solo superficial e da camada de base do jardim de chuva foi determinada experimentalmente por Chaves (2024), obtendo-se valores de 0,31 e 0,40, respectivamente. No entanto, a θ_{fc} não foi diretamente medida. Para suprir essa lacuna, estimou-se por meio de interpolação em escala log-log, utilizando a Equação 8 e os valores de referência para solos² do tipo areia franca (*loamy sand*) e areia (*sand*), conforme apresentados no Anexo A. Essa estratégia resultou em uma θ_{fc} estimada de 0,0965. Assim, o parâmetro déficit inicial de umidade foi determinado pela Equação 7:

$$Initial\ Deficit = \theta_s - \theta_{fc} \quad (7)$$

Onde:

θ_{fc} é a capacidade de campo referência;

θ_s é a porosidade medida.

² Nota: Areia franca: $K_{sat} = 1,18 \text{ in/h} \approx 29,972 \text{ mm/h}$, $\theta_{fc} = 0,105$; Areia: $K_{sat} = 4,74 \text{ in/h} \approx 120,396 \text{ mm/h}$, $\theta_{fc} = 0,062$.

Considerando a porosidade de 0,31, o déficit inicial ficou com valor de 0,2135, indicando que aproximadamente 21,35% do volume poroso do solo estava disponível para armazenamento de água.

A porosidade total representa o volume máximo de água que o solo pode armazenar quando está completamente saturado, com todos os seus poros preenchidos. Após a drenagem gravitacional, parte dessa água escoar para camadas mais profundas e o solo passa a reter apenas a umidade mantida nos microporos, devido às forças capilares. Esse estado é chamado de capacidade de campo e corresponde a um solo “drenado, mas ainda úmido”. Assim, enquanto a porosidade descreve a saturação completa, a capacidade de campo indica o nível de umidade residual que permanece no solo após a drenagem, sendo essa diferença fundamental para definir o déficit inicial de umidade no SWMM.

Os parâmetros dos trechos/ nós (*links/ nodes*) foram configurados conforme valores típicos para estruturas de pequena escala, como a conexão entre telhado e unidade de biorretenção, inseriu-se a medida do diâmetro do tubo, que é de 0,10 m com comprimento estimado de 18 m, altura do telhado até o solo, e adotou-se o valor de 0,013 para o coeficiente de Manning, correspondente a tubos de PVC, conforme direcionado pelo manual do modelo. O método de roteamento selecionado foi o *Kinematic Wave*, adequado para modelagens hidrológicas com escoamento unidimensional e sem acúmulo significativo ao longo dos trechos.

Os demais valores dos outros parâmetros foram adotados com base em valores padrão sugerido pelo manual do modelo versão 5.2. E por fim, ainda na instalação da estrutura sub-bacia no modelo foi inserido o exultório (*outfalls*).

4.2.1.2 Dados de Precipitação

Para gerar a série temporal foram inseridos dados de chuvas, uma lista contendo variações do tempo (HH:MM) e a lâmina da precipitação (mm) dos eventos monitorados por Chaves (2024). Foram identificados 50 eventos reais de chuva entre o período de 01/01/24 a 28/05/24. Na região em estudo, esses dados foram obtidos por meio de um pluviômetro instalado dentro do IFCE, *campus* Fortaleza, Ceará, Brasil, com coordenadas UTM 551.479,00 m E, 9.586.069,00 m S, na Zona 24 S.

Na hidrologia, um evento de chuva é usualmente definido como o período compreendido entre o início da precipitação e o seu término (Tucci, 2005).

Destaca-se que Chaves (2024) definiu o evento hidrológico como o intervalo compreendido entre o início da precipitação e o momento em que o LID estivesse completamente drenado, considerando não apenas o volume de chuva incidente, mas também um intervalo mínimo de 6 horas sem precipitação antecedente. Dessa forma, duas chuvas separadas por menos de 6 horas foram tratadas como um único evento, permitindo avaliar integralmente o desempenho do dispositivo em cada situação analisada. Para manter a coerência metodológica, este estudo adotará o mesmo entendimento.

A análise estatística descritiva permitiu selecionar os eventos classificando-os de acordo com a precipitação total (PTOTAL) registrada em cada ocorrência.

Os dados foram agrupados em três categorias com base nos quartis da distribuição:

1. Eventos de baixa magnitude: precipitações iguais ou inferiores a 4,3 mm (Q1);
2. Eventos de média magnitude: precipitações entre 4,3 mm e 28,45 mm (Q2 e Q3);
3. Eventos de alta magnitude: precipitações superiores a 28,45 mm (Q3).

Para este trabalho, foram sorteados 12 eventos (4 de baixa, 4 de média e 4 de alta magnitude), mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Eventos de precipitação selecionados para a modelagem no SWMM

Nº do Evento Chaves (2024)	Nº do Evento Renomeado	Data	PTOTAL (mm)	Magnitude
2	CB1	04/jan	3,0	Baixa
8	CB2	03/mar	4,0	
43	CB3	06/mai	3,6	
35	CB4	19/abr	4,8	
28	CM1	10/abr	14,2	Média
22	CM2	27/mar	21,8	
40	CM3	30/abr	28,0	
1	CM4	01/jan	14,2	
3	CA1	10/fev	105,9	Alta
11	CA2	07/mar	86,8	
45	CA3	12/mai	135,8	
5	CA4	19/mar	40,6	

Fonte: Autora (2025).

4.2.2 Definição dos Parâmetros LID

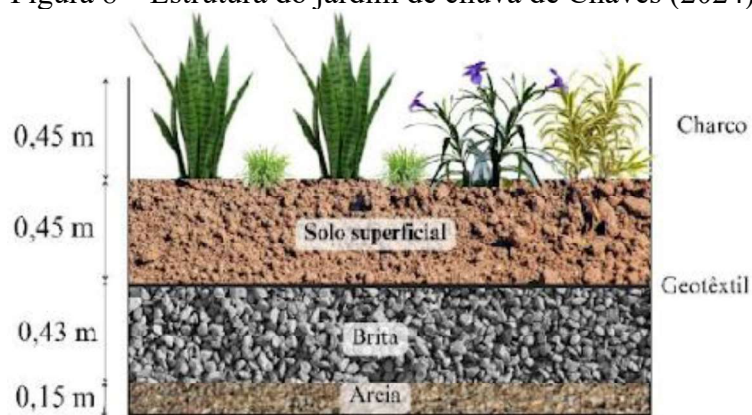
A definição das camadas que compõem a estrutura do jardim de chuva foi realizada com base no manual do usuário versões 5.1 e 5.2, e nas informações estruturais descritas no trabalho de Chaves (2024).

Alguns valores foram adaptados conforme as características físicas da instalação e observação direta em campo.

4.2.2.1 Dados Estruturais

Para dimensionar o LID, ilustrado na Figura 8, Chaves (2024) utilizou-se do método da curva envelope, uma chuva de projeto com TR de 3 anos, intensidade de 94,03 mm/h e duração de 15 minutos.

Figura 8 – Estrutura do jardim de chuva de Chaves (2024)



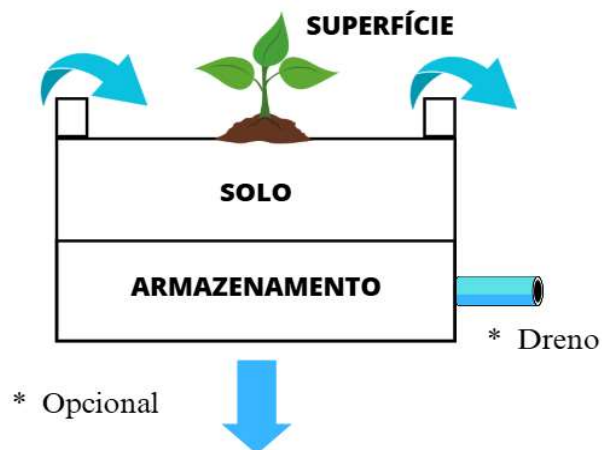
Fonte: Chaves (2024).

A estrutura foi composta por uma camada de Charco, chamado também de Berma, com 45 cm para retenção temporária da água, seguida de uma camada solo (C2solo) de 45 cm, manta geotêxtil Bidim RT 10® para evitar colmatação, uma camada brita (C3brita) com 43 cm para armazenamento e uma camada de areia (C4areia) com 15 cm para auxiliar na transição da C3brita para o solo natural.

4.2.2.2 Dados das Camadas

A Figura 9 demonstra o LID (*Bio-Retention Cell*) escolhido para modelar o jardim de chuva de Chaves (2024).

Figura 9 – Estrutura das camadas do LID Bio-Retention Cell, no SWMM



Fonte: Adaptado de EPA (2022).

A estrutura de biorretenção modelada possui três camadas principais. O resumo contendo os valores adotados nesta etapa estão na Tabela 8. Os nomes das camadas também foram renomeados para melhorar a identificação nesta pesquisa, sendo CLsup referente à camada superficial, CLsolo à camada de solo e CLarmz à camada de armazenamento.

Tabela 8 – Valores iniciais inseridos na configuração das camadas do LID no SWMM

Camada	Parâmetro	Valor	Unidade	Origem
CLsup	Espessura	450	mm	Chaves (2024)
	Volume de vegetação	0	-	Calculado
	Rugosidade de Manning do LID	0,05	s/m ^{1/3}	Chaves (2024)
	Declividade	0,02	-	Calculado
CLsolo	Espessura	450	mm	Chaves (2024)
	Porosidade	0,31	-	Chaves (2024)
	Capacidade de campo (θ_{fc})	0,074	-	Calculado
	Ponto de murcha	0,05	-	Calculado
	Ksat	197	mm/h	Chaves (2024)
	Declividade da condutividade	42,8	-	Calculado
	Sucção capilar	59	mm	Calculado
CLarmz	Espessura	580	mm	Chaves (2024)
	Índice de vazios	0,664	-	Calculado
	Taxa de infiltração	54,36	mm/h	Chaves (2024)
	Fator de colmatação	0	-	-

Fonte: Autora (2025).

A CLsup (*Surface*) representa a região superior do jardim de chuva, onde ocorre o acúmulo inicial da água pluvial antes da infiltração, adotando-se uma espessura de 450 mm. Como o dispositivo não possuía cobertura vegetal significativa que pudesse influenciar a dinâmica do escoamento ou da infiltração, foi atribuído valor de 0% para a fração de volume de vegetação.

Na CLsolo (*Soil*), responsável pela infiltração da água, a camada de solo também foi aplicada com espessura de 450 mm. Alguns parâmetros utilizados nessa camada foram obtidos do trabalho de Chaves (2024): porosidade de 0,31; Ksat de 197 mm/h. Outros foram calculados ou estimados conforme orientações do manual do modelo: usando proporcionalidade pela porosidade obteve-se o valor da capacidade de campo (θ_{fc}) de 0,074; sucção capilar (Ψ) de 59 mm; já para a declividade³ da condutividade (taxa de redução da condutividade hidráulica saturada à medida que o solo vai ficando saturado)

³ As faixas típicas recomendadas pelo manual para o parâmetro Conductivity Slope (Kcoeff) situam-se entre 30 e 60, especialmente para solos de textura arenosa ou franco-arenosa, não havendo valores específicos por classe textural.

obteve-se o valor de 42,8 a partir da composição granulométrica do material (82% de areia e aproximadamente 4% de argila); para o ponto de murcha (θ_{wp}) adotou-se o valor de 0,05.

Já na CLsolo (*Storage*) considerou-se a sobreposição das camadas de brita (430 mm) e de areia (150 mm), totalizando 580 mm de espessura. Para representar essas duas camadas como uma única no SWMM, recorreu-se a metodologia de equivalência físico-hidráulica, que consiste em obter: a porosidade equivalente (47 e 43) (neq), o índice de vazios equivalente (eeq) e a permeabilidade vertical equivalente para fluxo em série (Keq), conforme Equações 11, 12 e 13.

$$neq = (\sum ni \cdot Li) / (\sum Li) \quad (11)$$

Onde:

neq é a porosidade equivalente ponderada pela espessura;

ni é a porosidade da i -ésima camada;

Li é a espessura correspondente (mm).

$$eeq = neq / (1 - neq) \quad (12)$$

Onde:

eeq é o índice de vazios equivalente;

neq é a porosidade equivalente ponderada pela espessura.

$$Keq = (L1 + L2) / (L1/K1 + L2/K2) \quad (13)$$

Onde:

Keq condutividade hidráulica equivalente (mm/h);

$L1$ é a espessura correspondente (mm) da brita;

$L2$ é a espessura correspondente (mm) da areia;

$K1$ é a condutividade hidráulica (mm/h) da brita;

$K2$ é a condutividade hidráulica (mm/h) da areia.

Com esses resultados, a representação equivalente no SWMM ficou com índice de vazios de 0,664; e taxa de infiltração de 54,36 mm/h, esse último calculado por Chaves (2024).

A seguir, o dispositivo foi aplicado na sub-bacia LID1, onde são definidos os parâmetros físicos e operacionais. O resumo desta etapa está apresentado, de forma sintetizada, na Tabela 9.

Tabela 9 – Configuração para implantar o LID na sub-bacia LID1

Parâmetro	Valor	Unidade
Nome do LID	LID1	-
Área de cada unidade	0,000424	ha
Número de unidades	1	-
% da Sub-bacia ocupada	100	%
Largura superficial de cada unidade	3,26	m
% inicialmente saturada	(varia)	%
% da área impermeável tratada	100	%
% da área permeável tratada	-	%
Direcionamento do fluxo de drenagem	-	-
Retorno de todo o escoamento para área permeável	-	-

Fonte: Autora (2025).

A área de cada unidade (*Area of Each Unit*) corresponde à superfície ocupada por cada dispositivo LID. Para este estudo, foi adotado o valor de 4,24 m², conforme Chaves (2024). O número de unidades (*Number of Units*) refere-se à quantidade de dispositivos implantados; como havia apenas um jardim de chuva no local modelado, considerou-se uma unidade. A percentagem da sub-bacia ocupada (*% of Subcatchment Occupied*) indica a fração da área total da sub-bacia representada pelo LID. Considerando que a área total da sub-bacia TELBP1 é de 180 m² e a área do jardim é de 4,24 m², obteve-se uma ocupação de aproximadamente 2,36%. No entanto, como o objetivo da modelagem é representar o LID recebendo o escoamento de toda a área da sub-bacia, este valor foi ajustado para 100%, vinculando o dispositivo a outra sub-bacia (LID1) de dimensões equivalentes à do LID.

A largura superficial por unidade (*Surface Width per Unit*), utilizada para o cálculo do escoamento superficial, foi definida como 3,26 m. Já a percentagem inicialmente saturada (*% Initially Saturated*) representa o grau de saturação do solo no início da simulação. Para determinar este valor, consultaram-se os dados da FUNCEME referentes à precipitação nos dias anteriores de cada evento. Por exemplo, no primeiro evento registrado (01/01/2024), identificando-se que, em 31/12/2023, ocorreu uma chuva de 2,2 mm. Embora de baixa magnitude, este volume pode ser suficiente para indicar que o solo não estava completamente seco. Com base nessas informações, e de acordo com o manual do usuário, recomenda-se a adoção de uma saturação inicial entre 30% e 50% para solos parcialmente úmidos. Esse parâmetro varia para cada simulação de cada evento.

4.2.3. Avaliação da Infiltração nas Camadas do LID

A metodologia empregada nesta subseção fundamenta-se em princípios consolidados de hidrologia de meios porosos e na documentação oficial do SWMM (*Green-Ampt*), e adaptados aos aspectos estruturais do LID estudado.

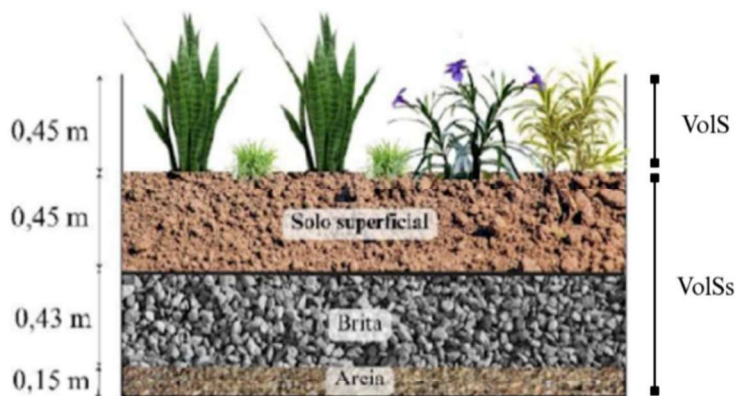
Chaves (2024), em sua pesquisa, avaliou a eficiência do dispositivo através da dinâmica dos volumes do dispositivo no decorrer do tempo de cada evento, sendo divididos em dois, volume de armazenamento superficial (VolS) e volume de armazenamento subsuperficial (VolSs).

O VolS corresponde ao espaço disponível para o acúmulo temporário da água precipitada sobre a superfície da estrutura, representado pela camada de Charco (0,45 m) (CHAVES, 2024).

O VolSs, por sua vez, representa o conjunto de volumes presentes nas camadas situadas abaixo da superfície, influenciados pela infiltração e pela porosidade da C2solo (0,45 m), C3brita (0,43 m) e C4areia (0,15 m), conforme apresentado em Chaves (2024). Esses volumes refletem a capacidade integrada de armazenamento subsuperficial.

A Figura 10 ilustra a disposição espacial do VolS e do VolSs no dispositivo estudado.

Figura 10 – Localização do VolS e o VolSs no jardim de chuva de Chaves (2024)



Fonte: Adaptado de Chaves (2024).

No presente trabalho, realizou-se inicialmente uma etapa de pré-calibração com o objetivo de avaliar a coerência entre os valores observados por Chaves (2024) e os valores simulados pelo SWMM. Observou-se, entretanto, que os volumes simulados para o armazenamento subsuperficial apresentaram magnitudes significativamente superiores às registradas em campo, mesmo após ajustes preliminares dos parâmetros hidráulicos. Esse comportamento indicou a possibilidade de existência de mecanismos adicionais de escoamento não monitorados diretamente, como drenagem interna ou fuga lateral da água entre camadas, sugerindo prudência na interpretação dos resultados subsuperficiais.

Diante desse cenário, e visando manter a consistência metodológica entre os dados observados e simulados, optou-se por concentrar a análise neste estudo apenas sobre o comportamento da lâmina superficial (LS), correspondente ao VolS de Chaves. Essa escolha permite avaliar de forma sólida a infiltração inicial e a resposta hidrológica da estrutura, assegurando comparabilidade direta entre campo e simulação.

Embora a análise se concentre na camada superficial, a dinâmica de infiltração é controlada essencialmente pelos parâmetros da camada de solo, onde se encontram os valores calibrados do SWMM. De acordo com o Manual do SWMM, o processo de infiltração depende diretamente da interação entre porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, condutividade hidráulica saturada, sucção capilar e inclinação da condutividade (Rossman, 2015).

A porosidade estabelece o volume total disponível para armazenamento dentro do solo, de modo que a camada de armazenamento no modelo somente passa a receber água quando a umidade da camada de solo atinge esse limite superior. Já a capacidade de campo corresponde ao volume de água que permanece retido após a drenagem gravitacional, influenciando o tempo de permanência da água no perfil do solo; e o ponto de murcha representa o limite inferior de umidade, abaixo do qual a água é fortemente retida nos microporos, afetando a condição inicial do solo em eventos sucessivos; bem como a K_{sat} é considerada o parâmetro mais sensível do modelo, pois controla diretamente a taxa com que a água deixa a superfície e penetra verticalmente no solo; valores elevados implicam infiltração mais acelerada (Rossman, 2015).

Rossman (2015) também ressalta que a sucção capilar atua predominantemente nos instantes iniciais da infiltração, determinando a resistência inicial à entrada da água na matriz do solo e a inclinação da condutividade regula a variação dessa propriedade ao longo do gradiente de umidade, permitindo que o modelo represente de forma realista a transição entre condições saturadas e insaturadas.

Em conjunto, esses parâmetros definem a velocidade e o volume infiltrado, modulando o esvaziamento da lâmina superficial e caracterizando o desempenho hidrológico do LID.

O SWMM fornece, para os LIDs, um relatório contendo informações sobre o estado hídrico do sistema, performance, contendo a lâmina de água acumulada na superfície (*Surface Depth*, equivalente à camada de Charco), o nível de água armazenado na camada de armazenamento (*Storage Depth*), em milímetros, e o teor de umidade da camada de solo (*Soil Moisture Content*).

A Tabela 10 apresenta um resumo das nomenclaturas e representação nas camadas do LID de Chaves (2024) e o SWMM.

Tabela 10 – Correspondência de nomenclaturas, Chaves (2024) × SWMM

Chaves (2024)	Usado nesta Pesquisa	Camada no LID (SWMM)	Relatório do LID (SWMM)
Charco	CLsup	<i>Surface</i>	<i>Surface Depth (mm)</i>
Camada de solo	CLsolo	<i>Soil</i>	<i>Soil Moisture Content</i>
Camada de brita + Camada de areia	CLarmz	<i>Storage</i>	<i>Storage Depth (mm)</i>
VolS / LS	CLsup	<i>Surface</i>	<i>Surface Depth (mm)</i>

Fonte: Autora (2025).

4.2.4 Calibração do Modelo

Segundo o manual, a calibração do modelo pode ser realizada de forma manual ajustando os parâmetros com base na experiência do modelador, ou de forma automática (EPA, 2015).

Neste estudo, uma parte da calibração foi aplicada de forma manual, prática comum na modelagem hidrológica com o SWMM, e automática, inserindo arquivos em formato “.dat”, para o processo de vazão nas sub-bacias (TELBP1 e LID1). Esse processo é realizado por meio da comparação entre as saídas do modelo e medições reais da variável.

A calibração no LID foi realizada de forma gradual e orientada pelos parâmetros hidrológicos da camada de solo. Inicialmente, foram selecionados três eventos (1 de baixa - CB3, 1 de média - CM3 e 1 de alta - CA3 magnitude), a partir da análise estatística descritiva apresentada no Item 4.2.1.2 deste trabalho. Esses eventos foram utilizados como base para o ajuste dos parâmetros, uma vez que expressam diferentes respostas hidrológicas do jardim de chuva.

Antes da calibração, foram analisados (pré-calibração) os 12 eventos de chuva mostrados anteriormente na Tabela 7, acompanhados de suas respectivas LS. Após essa etapa preliminar, quatro eventos foram descartados por apresentarem inconsistências significativas: CA1 exigia alterações irreais da berma para aproximar a forma da curva simulada; CM1 apresentava divergências nos picos e intensidades da chuva e da lâmina superficial; e os eventos CB2 e CB4 não formaram lâmina superficial observáveis, assim inviabilizando a comparação com o modelo.

Depois da pré-calibração, percebeu-se que a água não chegava a escorrer de lado na superfície do LID (fluxo horizontal), pois ela infiltrava, quase em sua totalidade,

diretamente para baixo. Por isso, foi adotado o valor 0 para a rugosidade da superfície, representando esse comportamento de fluxo principalmente vertical.

Com os eventos selecionados (CB3, CM3 e CA3), iniciou-se a etapa de calibração utilizando os parâmetros iniciais das camadas do LID apresentados na Tabela 8, os quais serviram como referência para a simulação inicial do modelo.

Após essa etapa, foram aplicadas as relações entre alguns parâmetros do SWMM, como a Ksat e carga de sucção (sucção capilar), e entre capacidade de campo e ponto de murcha. A partir dessas relações, foram definidos três parâmetros a serem ajustados na calibração: Ksat, porosidade e capacidade de campo.

Por fim, os três parâmetros foram ajustados tomando como referência as faixas apresentadas na Tabela de Textura de Solos do SWMM, disponível no Anexo A do Manual do Usuário versão 5.2 (Rossman, 2015). As simulações resultantes foram comparadas utilizando o coeficiente de determinação (R^2) como métrica de ajuste, conforme mostrado no Apêndice A deste trabalho.

O conjunto final foi obtido utilizando as simulações dos eventos e serviu como base para a etapa de validação do modelo. Um resumo desses eventos utilizados nesta etapa está na Tabela 11.

Tabela 11 – Eventos de chuva utilizados da calibração no SWMM

Nº do Evento Chaves (2024)	Nº do Evento Renomeado	Data	PTOTAL (mm)	Magnitude
43	CB3	06/mai	3,6	Baixa
40	CM3	30/abr	28,0	Média
45	CA3	12/mai	135,8	Alta

Fonte: Autora (2025).

4.2.5 Validação do Modelo

A validação do modelo teve como objetivo verificar se o conjunto de parâmetros calibrados é capaz de representar adequadamente o comportamento hidrológico da estrutura para eventos distintos daqueles utilizados na calibração.

Para isso, foram selecionados 5 eventos, conforme classificação previamente estabelecida, anteriormente, na Tabela 7. Os eventos utilizados na validação estão presentes na Tabela 12.

Tabela 12 – Eventos de chuva utilizados da validação no SWMM

Nº do Evento Chaves (2024)	Nº do Evento Renomeado	Data	PTOTAL (mm)	Magnitude
2	CB1	04/jan	3,0	Baixa
22	CM2	27/mar	21,8	Média
1	CM4	01/jan	14,2	
11	CA2	07/mar	86,8	Alta
5	CA4	19/mar	40,6	

Fonte: Autora (2025).

Os parâmetros obtidos no processo de calibração foram mantidos integralmente, sem qualquer ajuste adicional, garantindo a aplicação direta do conjunto calibrado às novas simulações. Em seguida, cada um dos eventos selecionados foi simulado no SWMM, utilizando as mesmas condições de modelagem adotadas nas etapas anteriores, incluindo os parâmetros das camadas do LID.

Para avaliar o desempenho do modelo na validação, foram geradas as lâminas superficiais simuladas (LSs) e comparadas com as observadas em campo para cada evento. A comparação foi realizada de forma gráfica, permitindo verificar a proximidade entre as duas séries ao longo do tempo, bem como a capacidade do conjunto calibrado de reproduzir os principais padrões de formação e recessão da lâmina acumulada.

O R^2 foi utilizado como métrica quantitativa de validação, seguindo o mesmo critério aplicado no processo de calibração. Esse indicador permitiu mensurar a aderência entre os valores simulados e observados para cada um dos eventos separados para validação.

Valores de R^2 próximos de 1 indicam forte correlação entre os dados simulados e observados, evidenciando boa capacidade do modelo em reproduzir o comportamento hidrológico do sistema. Dessa forma, o coeficiente foi empregado para avaliar a consistência dos parâmetros calibrados quando aplicados a eventos de chuva distintos daqueles utilizados na etapa de calibração.

Adicionalmente, foi utilizado NSE como métrica adicional de avaliação do desempenho do modelo. Esse coeficiente mede a eficiência da simulação ao comparar os

valores simulados e observados, permitindo verificar a capacidade do modelo em representar adequadamente o comportamento hidrológico do sistema.

O NSE varia de $-\infty$ a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam excelente desempenho do modelo, valores próximos de 0 indicam desempenho aceitável, enquanto valores negativos indicam baixa capacidade de representação do fenômeno observado. Assim como no cálculo do R^2 , o NSE foi obtido utilizando os parâmetros previamente calibrados, sem a realização de ajustes adicionais.

Os resultados obtidos para os coeficientes R^2 e NSE são apresentados e discutidos no capítulo de resultados.

4.2.6 Análise da Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada com o objetivo de identificar quais parâmetros hidrológicos da camada de solo exercem maior influência na formação da LSs pelo SWMM. Essa etapa foi realizada após a definição dos parâmetros iniciais do modelo e serviu como base para selecionar os parâmetros a serem posteriormente ajustados no processo de calibração.

Inicialmente, foram selecionados cinco parâmetros associados diretamente ao comportamento de infiltração na camada de solo: porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, K_{sat} , e carga de sucção. Porém, conforme estudos e recomendações presentes na literatura e no próprio Manual do SWMM, os parâmetros foram reduzidos para três, pois porosidade, capacidade de campo e K_{sat} apresentam impacto direto na dinâmica de infiltração, enquanto ponto de murcha e carga de sucção tendem a atuar de forma secundária e fortemente dependente desses valores. Além disso, ponto de murcha e carga de sucção são parâmetros interdependentes e, quando alterados isoladamente, podem gerar incoerências físico-hidráulicas no modelo, enquanto porosidade, capacidade de campo e K_{sat} permitem ajustes robustos sem comprometer a consistência do solo representado.

Esses parâmetros correspondem às variáveis que controlam a capacidade de armazenamento, a dinâmica de infiltração e a resposta do meio poroso frente aos eventos de chuva simulados.

Para avaliar a sensibilidade de cada parâmetro, foi adotado uma variação individual, no qual cada parâmetro foi alterado em $\pm 25\%$ em relação ao valor inicial definido na Tabela 8, mantendo-se todos os demais parâmetros constantes. Essa faixa de

variação foi utilizada como referência para representar comportamentos possíveis dentro das condições apresentadas na Tabela de Textura de Solos do SWMM (Anexo A do Manual do Usuário versão 5.2).

A Tabela 13, possui um resumo da variação dos valores na avaliação análise da sensibilidade.

Tabela 13 –Variação dos parâmetros para análise de sensibilidade no LID

Camada	Parâmetro	Valor inicial	Variação -25%	Variação +25%	Unidade
CLsolo	Porosidade	0,31	0,2325	0,3875	%
	Capacidade de campo	0,076	0,057	0,095	%
	Ksat	197	147,75	246,25	mm/h

Fonte: Autora (2025).

Cada variação gerou uma simulação independente, permitindo observar a alteração resultante na curva de LSs. A comparação entre as simulações foi realizada por meio do R^2 , calculado entre a LSs e a Lâmina Superficial observada (LSo) para cada evento utilizado na calibração.

4.2.7 Cenários Analisados

Uma vez calibrado e validado o modelo, existem muitas possibilidades de simulações, que podem nos ajudar a compreender de modo geral como jardins de chuva podem funcionar. Nesta etapa, os cenários foram simulados no SWMM com o objetivo de avaliar o desempenho hidrológico do jardim de chuva como técnica compensatória utilizando o evento CA3, mantendo aumentando a área da sub-bacia.

Segue na Tabela 14 as informações sintetizadas.

Tabela 14 – Dados das modificações para nova estrutura do LID e tipo de solo

Cenário	Código	Estrutura do LID (cm)	Tipo de Solo	Comentários
1 – Sem LID	C1-SL	-	Areia franca (<i>loamy sand</i>)	Área impermeável sem direcionamento para o LID.
2 – Com LID (estrutura modificado)	C2-CLEM	Charco: 20; Solo: 50; Brita: 60.	Areia franca (<i>loamy sand</i>)	Alterações estruturais para maior capacidade de infiltração.
3 – Com LID (solo modificado)	C3-CLSM	Charco: 45; Solo: 45; Brita: 43.	Areia (<i>sand</i>)	Variação do tipo de solo para maior capacidade de infiltração.
4 – Com LID (estrutura e solo modificados)	C4-CLESM	Charco: 20; Solo: 50; Brita: 60.	Areia (<i>sand</i>)	Alterações estruturais e variação do tipo de solo.

Fonte: Autora (2025).

Os cenários simulados foram organizados de forma a avaliar tanto a presença do LID quanto as variações estruturais e de solo. O Cenário 1 (C1-SL) corresponde à condição sem LID e foi utilizado como referência para comparação com as demais configurações. No Cenário 2 (C2-CLEM), foram aplicadas modificações estruturais no dispositivo, mantendo-se o solo original do experimento, classificado como areia franca (*loamy sand*). O Cenário 3 (C3-CLSM) avaliou exclusivamente a alteração do tipo de solo, substituindo a areia franca por areia (*sand*). Por fim, o Cenário 4 (C4-CLESM) combinou simultaneamente mudanças estruturais e a troca do solo para areia, permitindo analisar o efeito conjunto dessas duas modificações no desempenho hidrológico do LID.

A inclusão de dois tipos de solo permite comparar a influência da textura no desempenho do LID. A areia franca possui predominância de areia, mas contém pequenas frações de silte e argila, o que aumenta discretamente a retenção de água e reduz a infiltração em comparação à areia pura. Já a areia apresenta grãos mais uniformes e elevada macroporosidade, resultando em maior condutividade hidráulica e drenagem mais rápida (Prasanna, 2015). Esse comportamento é consistente com estudos geotécnicos de solos arenosos tropicais, que indicam que solos com maior fração de areia tendem a apresentar maior permeabilidade e menor capacidade de retenção hídrica devido à predominância de macroporos no arranjo estrutural do solo (RODRIGUES et al., 2020).

As principais características e modificações de cada cenário estão apresentadas na Tabela 14, a qual sintetiza a configuração estrutural do LID e os valores de parâmetros

adotados para cada classe de solo, definidos de acordo com a Tabela de Textura de Solos do Manual do Usuário do SWMM (Apêndice A).

O procedimento completo da modelagem, incluindo todas as etapas descritas no item 4 deste trabalho, calibração, validação e análise da sensibilidade, está detalhado no Apêndice A, que reúne a sequência metodológica adotada, o passo a passo completo, para a implementação do modelo LID no SWMM.

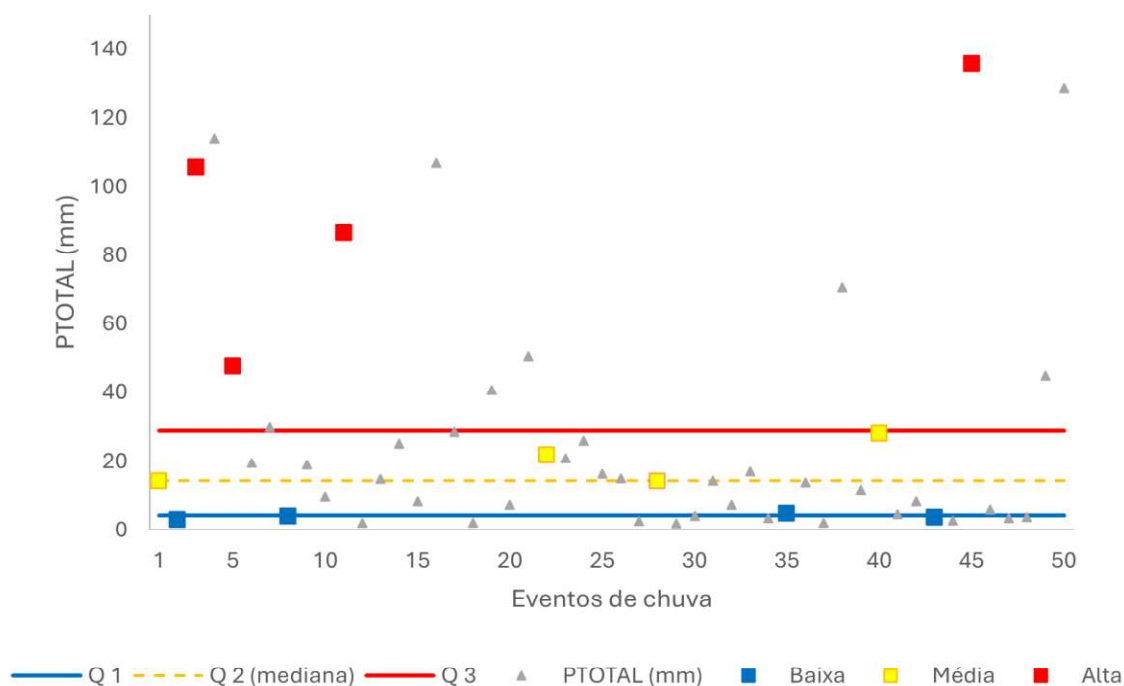
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas etapas de calibração, validação e simulação dos cenários, juntamente com seus respectivos gráficos, são apresentados neste item, onde se discute o desempenho do modelo e a representatividade dos parâmetros adotados.

5.1 Análise dos Eventos de Precipitação

A partir da análise gráfica dos eventos de chuva, mostrada na Figura 11, observa-se que a maior parte dos dados do PTOTAL encontra-se concentrada abaixo do Q3, com destaque para as faixas inferiores.

Figura 11 – Classificação dos eventos de precipitação para modelagem no SWMM



Fonte: Autora (2025).

Além da distribuição geral, a Figura 10 também destaca os eventos selecionados para compor o processo de modelagem hidrológica. Os marcadores coloridos em azul, amarelo e vermelho representam, respectivamente, os eventos classificados como de baixa, média e alta magnitude, sorteados dentro de cada faixa para garantir representatividade das condições pluviométricas observadas na área de estudo. Assim, os eventos destacados compõem o conjunto utilizado nas etapas de calibração, validação e

simulação dos cenários, assegurando que o modelo fosse testado sob distintas intensidades de chuva com a distribuição real registrada.

A partir da análise gráfica, nota-se ainda que a distribuição dos eventos é assimétrica, marcada pela presença de poucos episódios intensos; alguns ultrapassando os 80 e 100 mm, que se destacam visualmente do conjunto. Essa característica é típica de regiões tropicais, onde chuvas fracas e moderadas ocorrem com maior frequência, enquanto eventos extremos são menos comuns, porém responsáveis por parcela significativa do volume total precipitado (Tucci, 2005). Esse padrão também foi observado por Silva Dias et al. (2009), ao analisarem a irregularidade e concentração de chuvas intensas em clima tropical, contrastando com a elevada recorrência de precipitações leves.

A separação dos eventos por quartis permitiu caracterizar de forma clara as diferentes pluviometrias que influenciam a formação da lâmina superficial no LID de Chave (2024). Os de baixa magnitude apresentaram volumes reduzidos, frequentemente insuficientes para gerar acúmulo superficial. Por outro lado, os eventos de alta magnitude representam situações de maior pressão hidrológica, com maior potencial de geração de lâmina e sobrecarga das camadas do jardim de chuva. Além disso, os eventos mais intensos mostraram maior variabilidade temporal e picos concentrados, fatores que influenciam diretamente a resposta hidrológica observada, principalmente nos primeiros minutos de precipitação.

Essa primeira avaliação dos dados pluviométricos deu subsídio as etapas subsequentes do estudo, a calibração e validação do modelo. A compreensão da variabilidade do regime de chuvas e de seus padrões estatísticos reforça a importância de considerar não apenas o total precipitado, mas também a distribuição temporal da chuva, uma vez que ambos interferem diretamente na dinâmica superficial e no comportamento infiltrativo do jardim de chuva, conforme destacado por Fletcher et al. (2015) e Woods et al. (2015), que enfatizam o papel da estrutura temporal da chuva na resposta hidrológica de dispositivos LID.

Após plotagem dos gráficos contendo a pluviometria e a Lâmina Superficial observada (LS_o), quatro eventos foram descartados:

- CA1 – Evento com pico elevado e duração significativa, porém sem transbordamento. O gráfico da LS tende a se ajustar na parte inicial do evento quando se altera o valor da berma para menos, indicando drenagem superficial

não prevista. A alteração significativa do valor da berma para aproximação do gráfico de simulação foi o motivo de seu descarte;

- CM1 – Os dados do evento de chuva e LSo apresentaram inconsistências quanto ao número, quantidade e intensidade de picos, prejudicando a resposta da simulação;
- CB2 – Não formou LS, inviabilizando a simulação da LSo;
- CB4 – Não formou LS, inviabilizando a simulação da LSo.

5.2 Modelagem no SWMM

Nesta etapa, os parâmetros hidrológicos e estruturais das sub-bacias e do LID foram inseridos e simulados no software. A calibração ocorreu em duas fases: nas sub-bacias (ajustes para representar a vazão de entrada) e nas camadas do LID (ajustes para representar melhor a infiltração). Em seguida, executou-se a validação do modelo, e, por fim, são apresentados os resultados da análise de sensibilidade dos parâmetros listados na Tabela 13.

5.2.1 Vazão da Área de Contribuição

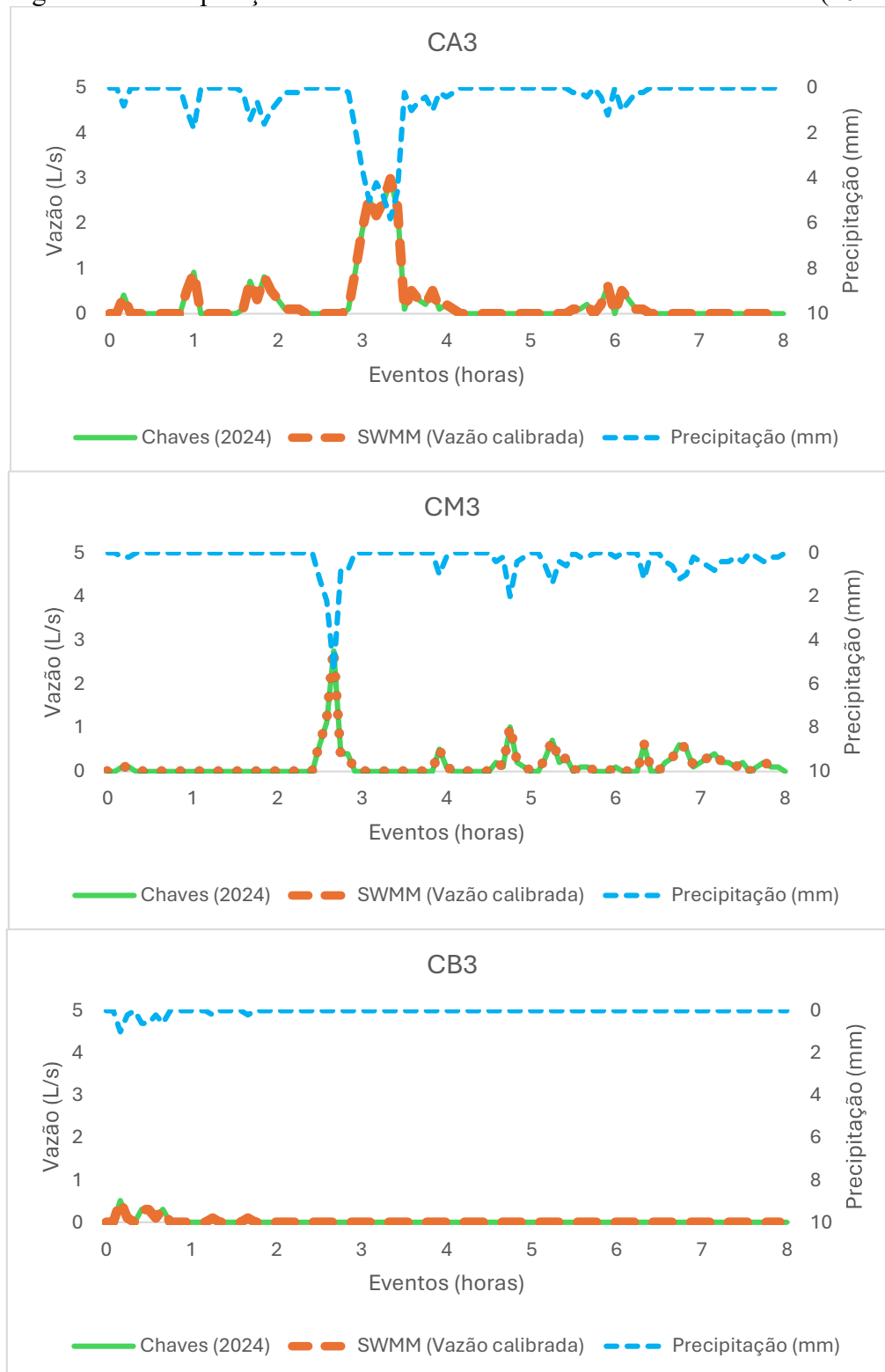
A área de contribuição (TELBP1) foi modelada e depois calibrada de forma manual (padrão de tentativa e erro) e automática utilizando-se dos eventos de precipitação selecionados, CB3, CM3 e CA3 para calibração, anteriormente mostrado na Tabela 11. Foram ajustados os valores procurando-se minimizar o erro.

Durante o processo de calibração da vazão, verificou-se dados que apresentavam a quanto à real área de contribuição do telhado. Nesse sentido, optou-se por investigar esse parâmetro com maior rigor, mantendo-se inalterado o coeficiente de Manning do telhado, por já representar adequadamente as condições superficiais.

Considerando a reduzida dimensão da sub-bacia (TELBP1), ajustes em parâmetros como largura e declividade não resultaram em alterações significativas na vazão simulada. Assim, a calibração concentrou-se na área de contribuição, sendo identificado que valores entre 1,50 e 1,60 m² proporcionaram melhor representatividade. Como valor de referência, adotou-se 1,55 m², o qual possibilitou a melhor aproximação entre a vazão simulada e a observada.

A Figura 12 mostra a comparação entre as vazões geradas pela precipitação no telhado de Chaves (2024) e modeladas no SWMM.

Figura 12 – Comparação das vazões simuladas no SWMM e de Chaves (2024)

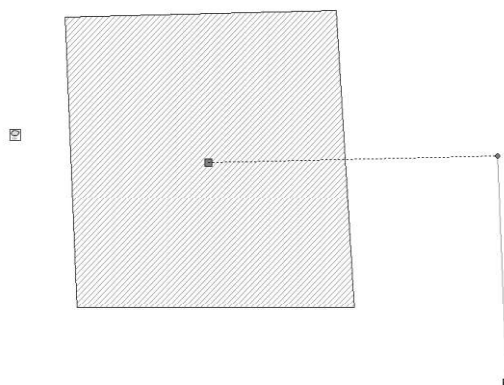


Fonte: Autora (2025).

O R^2 entre a vazão observada e a vazão simulada foi igual a 0,988 do evento CA3, indicando correlação entre as séries e demonstrando elevada capacidade do modelo em reproduzir a resposta hidrológica observado.

A Figura 13 apresenta a interface da estrutura no software SWMM, compondo a área de contribuição (TELBP1), tubulação de condução do escoamento para exultório.

Figura 13 – Interface da modelagem aplicada no software SWMM para TELBP1



Fonte: Autora (2025).

Para todos os cenários, o erro de continuidade para o escoamento superficial e propagação de vazão foram abaixo de 1%, sendo considerado insignificantes, uma vez que o manual do modelo informa que até 10% é considerado insignificante.

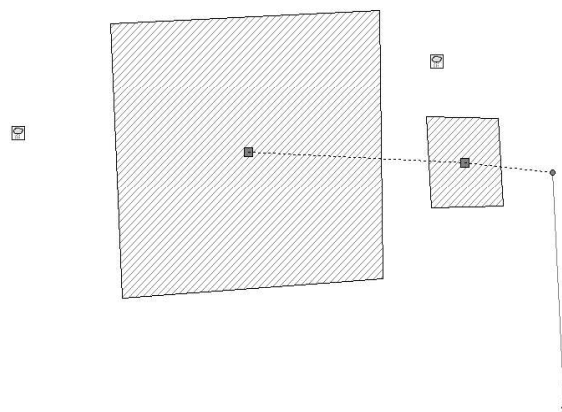
5.2.2 Aplicação do LID na Sub-bacia

Na sequência, a partir da configuração inicial da sub-bacia de contribuição, procedeu-se à inserção do LID. O dispositivo foi alocado na sub-bacia LID1, conforme a disposição apresentada anteriormente na Figura 7.

Nessa etapa, foram definidos os elementos estruturais necessários para que o SWMM reconhecesse o LID como uma unidade de infiltração anexada à sub-bacia, permitindo o encaminhamento do escoamento superficial gerado na área impermeável (TELBP1) diretamente para o dispositivo.

A Figura 14 apresenta a interface gráfica do software.

Figura 14 – Interface da modelagem aplicada no software SWMM para LID1



Fonte: Autora (2025).

Fez-se necessário aplicar um segundo pluviômetro (PLU2) com série de dados zerada, uma vez que o SWMM exige que cada sub-bacia (no caso, o LID1) esteja obrigatoriamente vinculada a um pluviômetro. Caso fosse associado ao PLU1, que contém a série de chuva real, haveria alteração na vazão simulada, pois o modelo consideraria tanto o escoamento proveniente do telhado (TEL1) quanto a precipitação incidente diretamente sobre o jardim de chuva. Assim, a adoção do PLU2 permitiu isolar a análise e compreender de forma mais precisa o comportamento hidrológico do LID, sem interferência de variáveis externas.

Com essa configuração, o modelo passou a representar tanto a geração de escoamento na área impermeável quanto sua infiltração nas camadas do LID, o que possibilitou avaliar de forma integrada o desempenho hidrológico do sistema. A partir dessa estrutura modelada, avançou-se para os procedimentos de calibração da infiltração nas camadas do LID.

5.2.3 Calibração da Infiltração nas Camadas do LID

Essa etapa teve como objetivo ajustar os parâmetros hidrológicos da camada de solo do jardim de chuva, de forma a reproduzir adequadamente a dinâmica de infiltração monitorada por Chaves (2024). Manteve-se os eventos de precipitação selecionados,

CB3, CM3 e CA3 para calibração, anteriormente mostrado na Tabela 11 para a análise detalhada da LS ao longo do tempo.

Com o LID já aplicado na sub-bacia LID1, conforme descrito no item 5.2.2, iniciou-se o ajuste dos parâmetros vinculados ao processo de infiltração. A calibração concentrou-se nos parâmetros da camada de solo do LID: porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, Ksat e sucção capilar. Esses parâmetros foram inicialmente atribuídos com base na Tabela 8, construída a partir das características físicas do dispositivo experimental e dos valores interpretados tendo como base o manual do usuário do software.

Após simulações iniciais, as LS foram comparadas aos valores monitorados, considerando o início da formação da lâmina, sua elevação durante a chuva e a recessão. Foram observados desvios iniciais, indicando que a configuração padrão subestimava ou superestimava a velocidade de infiltração. Esses desvios motivaram novos ajustes nos parâmetros mais influentes, foram realizados tomando como referência os valores padrão apresentados para diferentes classes de solos no manual do usuário versão 5.2 (ROSSMAN, 2015). Essa tabela está incluída no Apêndice A deste trabalho, apresenta intervalos típicos de porosidade, capacidade de campo, ponto de murcha, sucção capilar e Ksat para as principais texturas de solo, o que permitiu estabelecer limites superiores e inferiores fisicamente coerentes para esses ajustes.

Durante esse processo, buscou-se manter a compatibilidade entre a resposta hidrológica do modelo e o comportamento observado em campo. Para isso, cada ajuste foi acompanhado da comparação entre as curvas simuladas e observadas utilizando o R^2 como métrica principal para avaliar a correlação das LS ao longo do evento (5 em 5 minutos).

Os parâmetros resultantes desse processo estão apresentados na Tabela 15, constituindo o conjunto final adotado nas simulações subsequentes.

Tabela 15 – Configuração após calibração das camadas do LID no SWMM

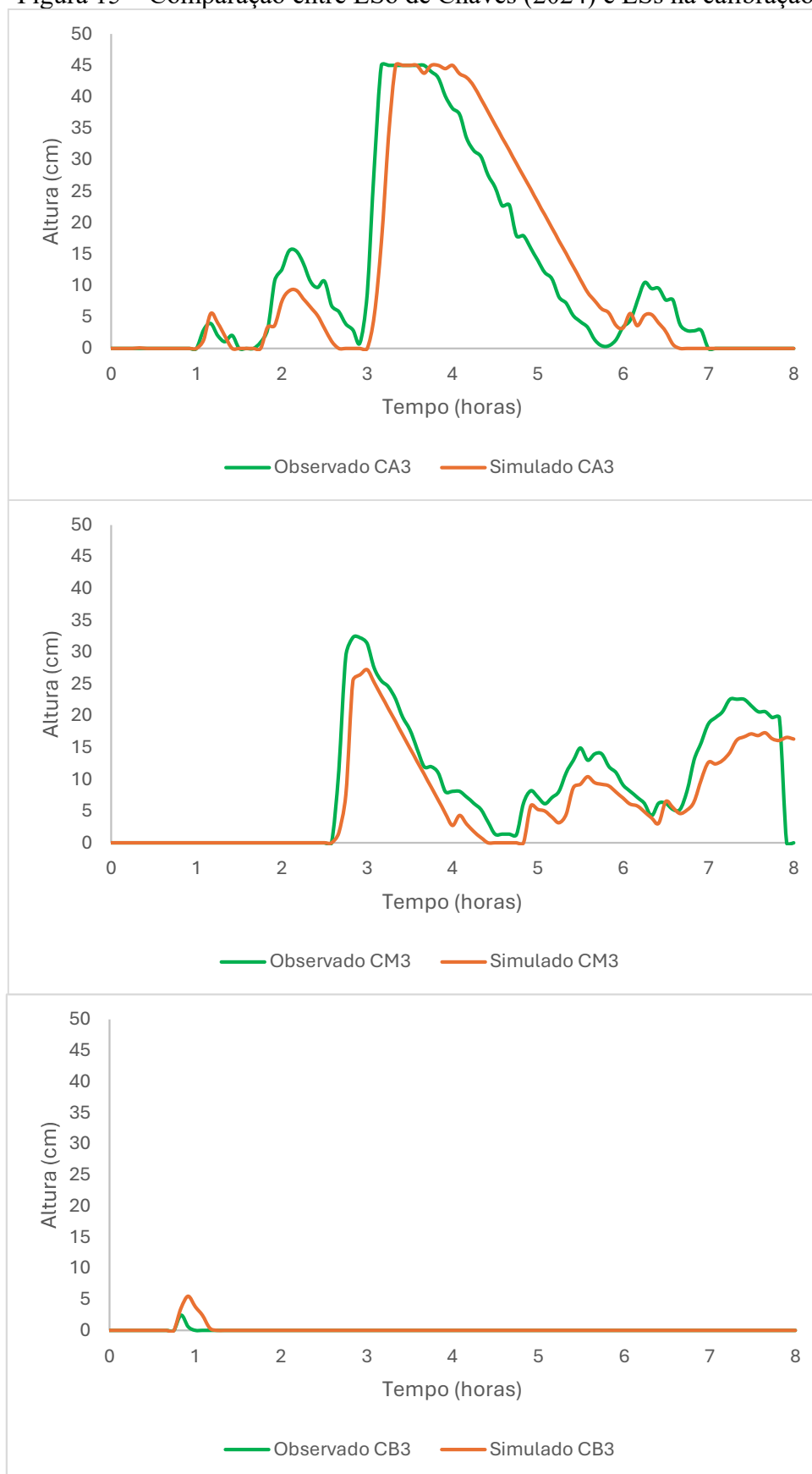
Camada	Parâmetro	Valor inicial	Valor final após calibração	Unidade	Origem
Cl_{sup}	Espessura	450	450	mm	Chaves (2024)
	Volume de vegetação	0	0	-	Calculado
	Rugosidade de Mannig do LID	0,05	0	s/m ^{1/3}	-
	Declividade	2	0	-	Calculado
CL_{solo}	Espessura	450	450	mm	Chaves (2024)
	Porosidade	0,31	0,23	-	Chaves (2024)
	Capacidade de campo (θ_{fc})	0,074	0,095	-	Calculado
	Ponto de murcha	0,05	0,039	-	Calculado
	Ksat	197	246,25	mm/h	Chaves (2024)
	Declividade da condutividade	42,8	42,8	-	Calculado
	Sucção capilar	59	37,45	mm	Calculado
CL_{armz}	Espessura	580	580	mm	Chaves (2024)
	Índice de vazios	0,664	0,664	-	Calculado
	Taxa de infiltração	54,36	54,36	mm/h	Chaves (2024)
	Fator de colmatção	0	0	-	-
Dreno	Coeficiente de fluxo	-	CA2 = 8	-	Calculado/ Simulado
		-	CA3 = 8	-	
		-	CA4 = 8	-	
		-	CM2 = 1,25	-	
		-	CM3 = 1,95	-	
		-	CM4 = 8	-	
		-	CB1 = 8	-	
		-	CB3 = 8	-	
	Expoente de fluxo	-	0,5	-	Calculado/ Simulado
	Offset	-	120	mm	Calculado/ Simulado

Fonte: Autora (2025).

Os gráficos das LSs tenderam a se aproximar dos gráficos observados quando se introduz um dispositivo de drenagem na camada de armazenamento inferior, controlado e avaliado para cada experimento por meio da magnitude do Coeficiente de Fluxo (*Coefficient Flow*). Os valores aplicados no coeficiente de fluxo facilitam a drenagem na camada de fundo, impactando depois da metade da duração do evento, não influenciando significativamente seu início.

A Figura 15 mostra a correspondência entre os valores observados e simulados a etapa de calibração, usando os valores da Tabela 15.

Figura 15 – Comparação entre LSo de Chaves (2024) e LSs na calibração



Fonte: Autora (2025).

A Figura 15 mostra a comparação entre as lâminas observadas por Chaves (2024) e simuladas para os eventos CA3, CM3 e CB3. Em todos os casos, o modelo apresentou comportamento coerente com as medições confirmado pelos valores de R^2 obtidos na calibração.

Para o evento CA3, o modelo reproduziu de forma satisfatória o tempo de resposta, o pico e a recessão da lâmina superficial. O valor de $R^2 = 0,7696$ indica boa aderência entre as curvas, demonstrando que o conjunto de parâmetros calibrados representa bem a infiltração sob chuvas intensas.

No evento CM3, a simulação acompanhou de forma consistente as oscilações e o padrão de drenagem observado em campo. O $R^2 = 0,7962$ foi o maior entre os três eventos, evidenciando excelente correspondência para eventos intermediários, nos quais a infiltração e o armazenamento atuam de forma mais equilibrada.

Já no evento CB3 mesmo sem apresentar grande volume precipitado, o modelo conseguiu representar bem a rápida infiltração típica de chuvas fracas. Como a lâmina formada é muito pequena, pequenas diferenças entre curvas tendem a impactar fortemente o R^2 , mas a correspondência visual mostra que o modelo segue coerente com o comportamento observado em campo.

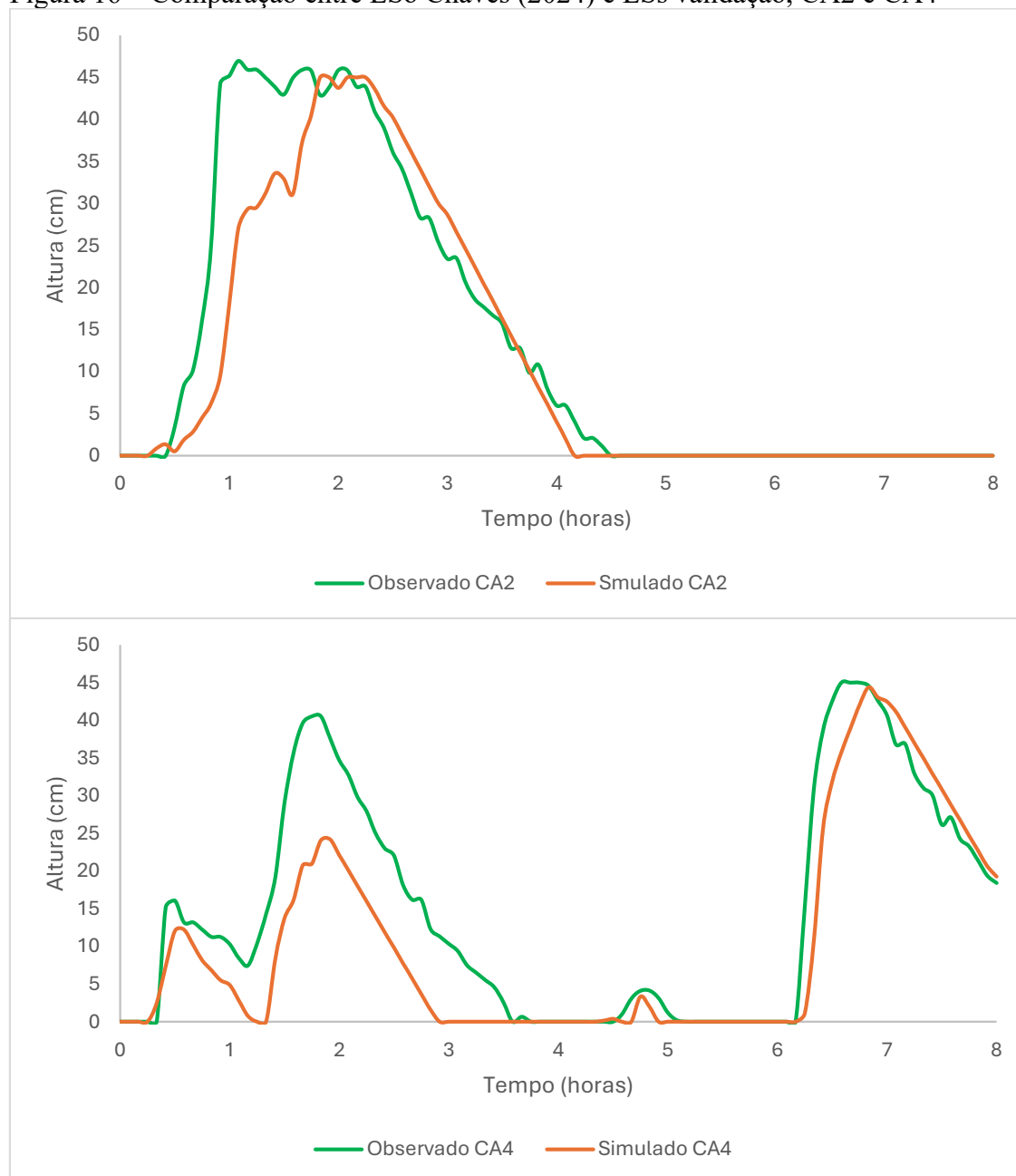
Assim, a calibração estabelece uma configuração representativa para o jardim de chuva, servindo como base para a etapa de validação, apresentada no próximo tópico.

5.2.4 Validação da Infiltração nas Camadas do LID

A validação consistiu em comparar as LS observadas por Chaves (2024) com as simuladas no SWMM, utilizando como base os parâmetros obtidos na etapa anterior (Tabela 15), sem qualquer novo ajuste. Para isso, foram selecionados 6 eventos, conforme mostrados anteriormente na Tabela 12, de forma a avaliar o desempenho do modelo sob novas condições de precipitação.

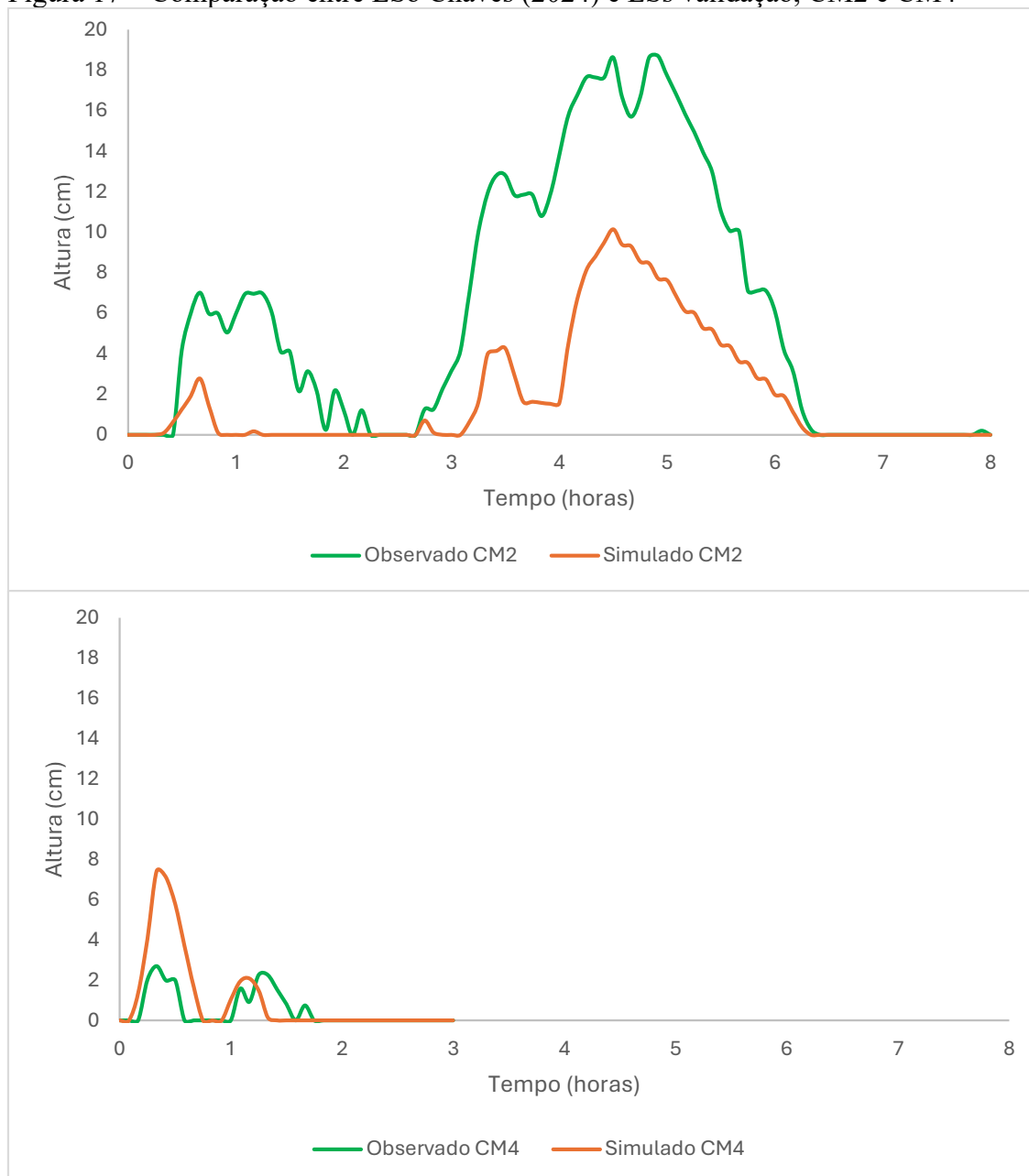
A Figura 16, Figura 17 e Figura 18 apresentam os resultados da validação para os eventos CA2, CM2, CB1, CA4 e CM4, possibilitando interpretar o comportamento da infiltração, a formação da lâmina superficial e a resposta temporal.

Figura 16 – Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs validação, CA2 e CA4



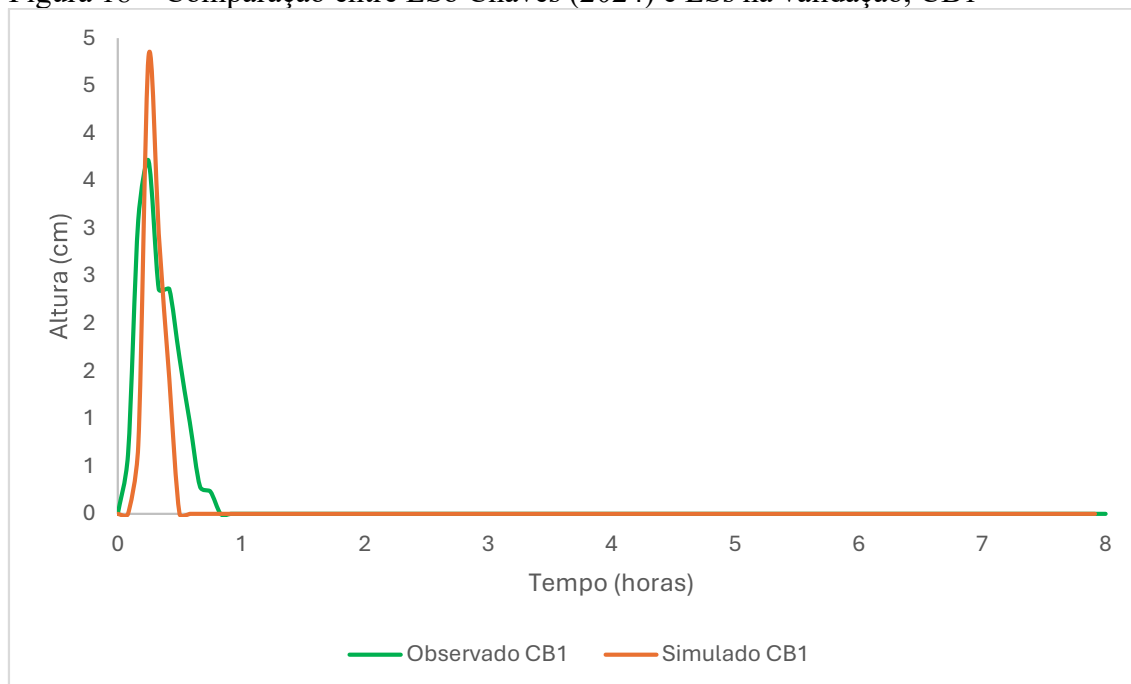
Fonte: Autora (2025).

Figura 17 – Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs validação, CM2 e CM4



Fonte: Autora (2025).

Figura 18 – Comparação entre LSo Chaves (2024) e LSs na validação, CB1



Fonte: Autora (2025).

Nos eventos de alta magnitude (CA2 e CA4), o modelo representou adequadamente a formação da lâmina superficial, o rápido enchimento do dispositivo e a tendência geral de recessão após o término da chuva. Em ambos os casos, as curvas simuladas acompanharam de forma consistente o comportamento observado em campo, com pequenas diferenças no pico e na drenagem final, típicas de eventos intensos. Esses resultados indicam que os parâmetros calibrados mantêm boa capacidade de reprodução para chuvas de grande volume.

Os eventos de média magnitude (CM2 e CM4) apresentaram respostas distintas. No CM2, o modelo não reproduziu a sequência de picos nem a duração prolongada da lâmina observada. Essa diferença sugere maior complexidade no padrão temporal da chuva, com variações rápidas que o modelo não captou adequadamente. Já no CM4, de menor volume, o ajuste foi mais consistente: o SWMM representou bem a curta duração do escoamento, embora tenha superestimado picos iniciais. Como a lâmina observada é muito baixa, pequenas variações entre observado e simulado tornam-se mais visíveis, sem comprometer a interpretação geral. De modo geral, eventos médios com múltiplos picos (CM2) mostraram maior desafio de representação, enquanto eventos mais simples e concentrados (CM4) apresentaram melhor correspondência.

O evento de baixa magnitude (CB1) apresentou LSo reduzida, característica típica de chuvas fracas e de curta duração. O modelo simulou esse comportamento de forma

coerente, resultando em valores próximos de zero ao longo de todo o evento. A pequena diferença visual entre as curvas deve-se ao fato de que, em eventos com lâmina mínima, qualquer variação de poucos milímetros se torna proporcionalmente mais perceptível no gráfico, mas sem implicar erro significativo na representação do processo. Assim, o SWMM mostrou bom desempenho para eventos de baixa precipitação, refletiu a ausência de acúmulo superficial no LID.

Os valores obtidos para o coeficiente de NSE estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Coeficiente de NSE para os eventos analisados

Magnitude	Dados Iniciais	CA3, CM3 e CB3	CA2, CM2 e CB1	CA4 e CM4
Alta	0,68	0,84	0,85	0,74
Média	0,75	0,68	0,22	-2,61
Baixa	-7,07	-3,72	0,27	-
Total	0,70	0,79	0,78	0,73

Fonte: Autora (2025).

Notas: O evento CM4 foi avaliado somente até a terceira hora, este evento possui características limítrofes com os eventos de baixa.

Para os eventos de alta magnitude, os valores de NSE variaram entre 0,68 e 0,85, indicando boa capacidade do modelo em reproduzir a dinâmica de formação e recessão da lâmina superficial. Nos eventos de média magnitude, os resultados apresentaram maior variabilidade, refletindo as diferenças observadas no comportamento temporal da chuva, especialmente no evento CM2, que apresentou múltiplos picos e maior complexidade de representação.

Para os eventos de baixa magnitude, os valores de NSE apresentaram desempenho mais limitado, comportamento esperado em eventos com lâminas muito reduzidas, nos quais pequenas diferenças entre valores observados e simulados tornam-se proporcionalmente mais expressivas. Ainda assim, considerando o conjunto dos eventos analisados, os resultados indicam adequação geral da calibração, com valores totais de NSE variando entre 0,70 e 0,79.

5.3 Análise da Sensibilidade

Realizou-se a análise de sensibilidade para avaliar a influência dos parâmetros do meio poroso sobre a resposta superficial do jardim de chuva no SWMM. Para identificar

quais parâmetros controlam a resposta hidrológica e ajudou na orientação no processo de calibração, tomando como série de referência a LS e observada por Chaves (2024).

Os resultados mostraram que alguns parâmetros provocaram mudanças expressivas na resposta hidrológica, enquanto outros apresentaram efeito mínimo. Esse comportamento permitiu distinguir quais variáveis deveriam ser priorizadas nos ajustes subsequentes da calibração. As variações observadas são apresentadas na Tabela 16, que sintetiza o impacto de cada parâmetro sobre o desempenho do modelo.

Tabela 17 – Parâmetros, faixas testadas e desempenho

Parâmetro	Variação aplicada	Efeito na resposta do modelo	Impacto no R ²	Sensibilidade
Ksat	± 25%	Alterou intensamente a forma da lâmina, tempo de enchimento e recessão	Alteração significativa (melhora ou piora evidente)	Alta
Porosidade	± 25%	Mudou o volume infiltrado e o tempo de drenagem	Alteração moderada	Média
Capacidade de Campo	± 25%	Pequena mudança na recessão e saturação	Alteração mínima	Baixa

Fonte: Autora (2025).

A análise de sensibilidade revelou diferenças claras no comportamento dos parâmetros hidrológicos do solo em relação à resposta do modelo. A Ksat mostrou-se amplamente dominante, produzindo as maiores variações no formato da lâmina superficial e nos valores de R², evidenciando sua forte influência na taxa de infiltração vertical. Quando ajustada em ±25%, foram registradas alterações expressivas no desempenho estatístico, indicando que este parâmetro controla diretamente a velocidade de drenagem e o tempo de saturação do solo.

A porosidade apresentou sensibilidade intermediária: modificou o volume total armazenado e o tempo de esvaziamento do LID, resultando em mudanças moderadas no R², com impacto perceptível, porém menos acentuado que o da Ksat.

Já a capacidade de campo mostrou-se o parâmetro menos influente, com variações mínimas tanto no comportamento da lâmina quanto no ajuste estatístico, refletindo sua atuação mais sutil na retenção de água residual do solo. Em conjunto, os resultados reforçam que os parâmetros mais relevantes para calibração são Ksat e porosidade,

enquanto a capacidade de campo exerce influência secundária no desempenho hidrológico do modelo.

Embora a porosidade seja determinante na capacidade total de armazenamento, o modelo mostrou-se mais sensível a parâmetros hidráulicos diretamente relacionados ao fluxo de água no solo.

De modo geral, os resultados demonstram que a resposta hidrológica do jardim de chuva é fortemente influenciada pelos parâmetros que governam a infiltração e a redistribuição de água no solo. Essa observação também é compartilhada com estudos internacionais, como a de Bibi et al. (2023), que parâmetros como o K_{sat} são mais sensíveis na modelagem de sistemas LID no SWMM, pois controlam o movimento vertical da água e a eficiência de armazenamento nas camadas filtrantes.

Resultados semelhantes foram relatados por Wang et al. (2025), que identificaram alta sensibilidade dos parâmetros de porosidade e K_{sat} , ressaltando que pequenas variações nesses valores podem alterar de forma significativa o balanço entre armazenamento e drenagem em simulações de infiltração do solo, demandando calibração conjunta para uma representação hidrológica realista.

Jang et al. (2024) também identificaram que mudanças na porosidade e na K_{sat} influenciam fortemente o balanço hídrico e o comportamento de drenagem em solos com diferentes texturas e graus de compactação. Os resultados obtidos reforçam que a representação hidrológica observada de um dispositivo LID no SWMM depende da interação entre parâmetros hidráulicos do solo e condições de saturação.

Eckart et al. (2017) e Liu et al. (2022), que destacam que a condutividade hidráulica, a porosidade e o teor de umidade inicial estão entre os parâmetros mais sensíveis na modelagem de práticas LID, devendo ser calibrados de forma integrada para uma representação hidrológica realista.

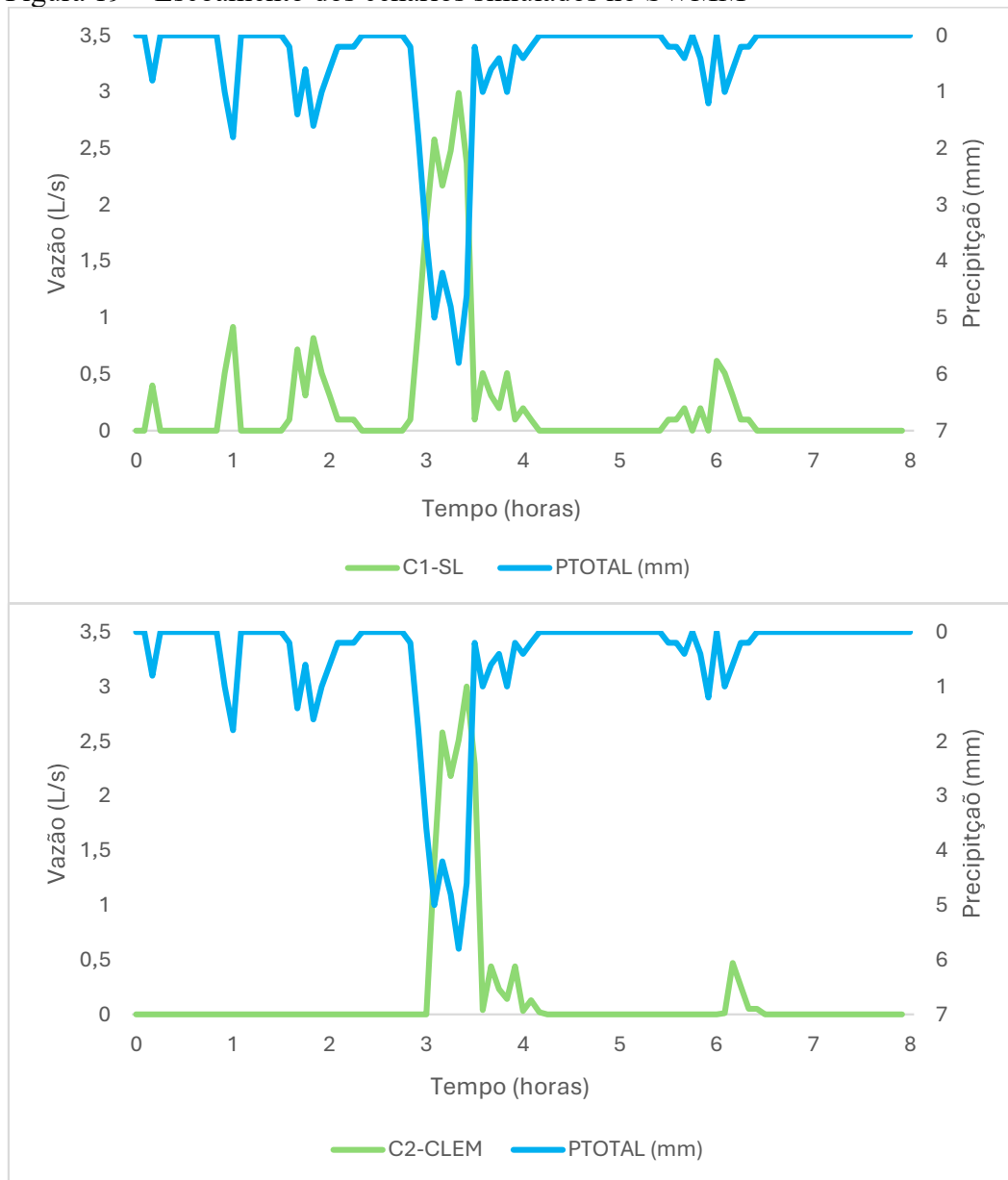
Situação semelhante foi observada por Yong et al. (2022), ao analisarem a sensibilidade de parâmetros em modelos de biorretenção no SWMM, destacando que a porosidade e a K_{sat} são variáveis determinantes para o controle da infiltração e do armazenamento de água, influenciando significativamente a resposta hidrológica do sistema.

5.4 Análise dos Cenários

Uma vez calibrado e validado o modelo, foi possível realizar simulações adicionais para avaliar o desempenho hidrológico do jardim de chuva sob diferentes condições estruturais e tipos de solo. Essa etapa teve como objetivo compreender de que maneira alterações na profundidade das camadas do LID e na textura do solo influenciam o armazenamento, a infiltração e a formação da LS.

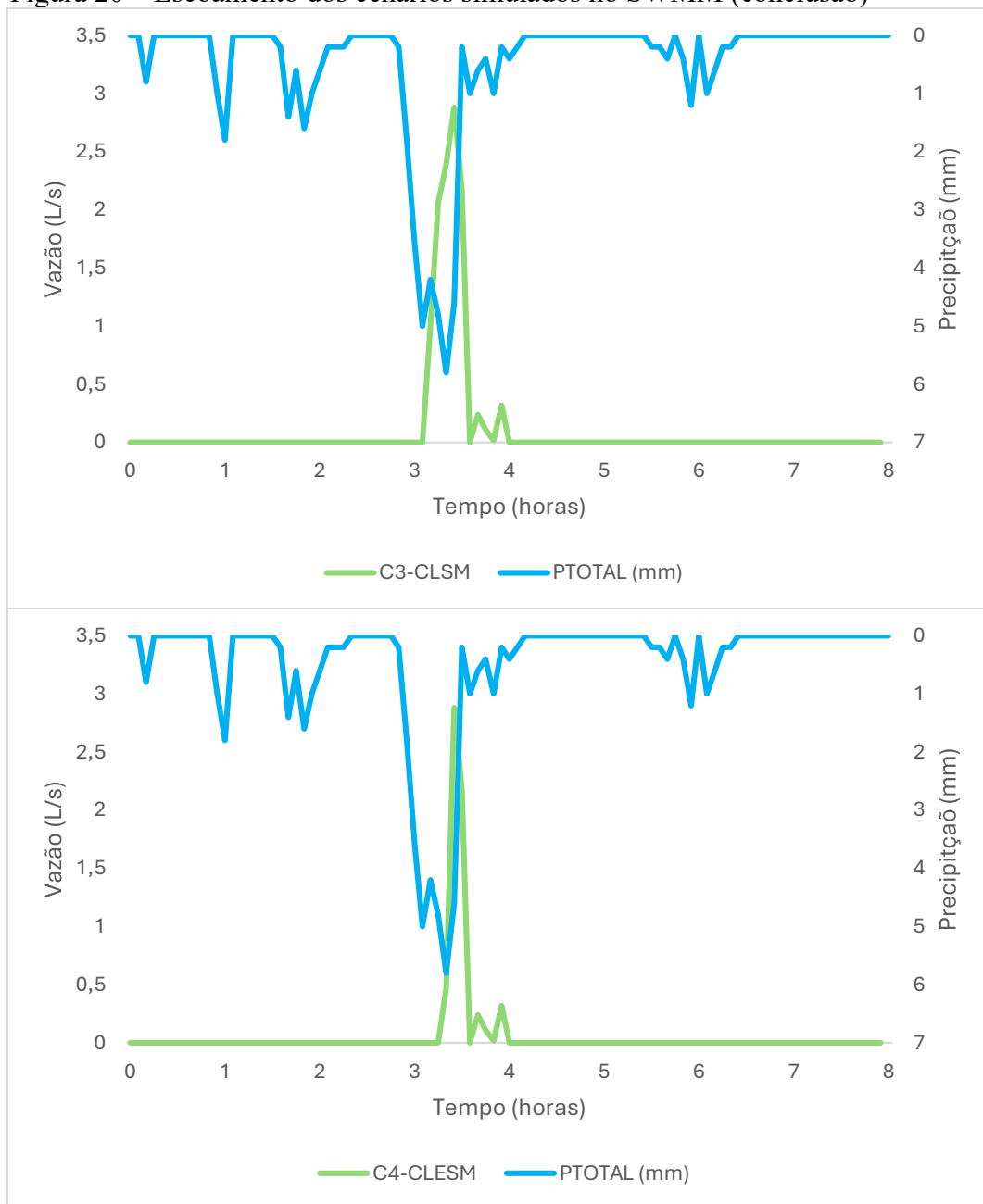
A Figura 19 apresenta os resultados das simulações para o evento de chuva CA3.

Figura 19 – Escoamento dos cenários simulados no SWMM



Fonte: Autora (2025).

Figura 20 – Escoamento dos cenários simulados no SWMM (conclusão)



Fonte: Autora (2025).

No cenário C1-SL, correspondente à condição sem LID, observa-se um comportamento típico de áreas impermeáveis, com resposta praticamente imediata ao início da chuva. O escoamento superficial começa por volta de 1 h, acumulando diversos pequenos picos ao longo do evento, até atingir a vazão máxima próxima de 3,0 L/s por volta de 3h. A recessão é rápida, evidenciando a ausência de mecanismos de armazenamento e infiltração. Essa condição reflete o escoamento direto, com maior propensão à sobrecarga da drenagem e aumento do risco de alagamentos.

Com a inclusão do LID no cenário C2-CLEM, nota-se uma mudança significativa no padrão de resposta hidrológica. O início do escoamento é retardado para aproximadamente 3h, e as vazões passam a ser mais concentradas na fase final da chuva, atingindo um pico em torno de 3,0 L/s. Esse comportamento evidencia a atuação das camadas estruturais do LID, que promovem retenção temporária da água e intensificam o processo de infiltração, eliminando completamente os picos iniciais observados no cenário sem LID.

No cenário C3-CLSM, no qual foi modificado o tipo de solo para uma classe mais arenosa, observa-se um amortecimento semelhante, com atraso no início do escoamento para cerca de 3 h e vazão de pico próxima de 2,88 L/s. A maior condutividade hidráulica do solo arenoso favorece a infiltração inicial, reduzindo ainda mais os picos precoces e tornando o escoamento mais suave e distribuído ao longo do tempo.

Por fim, o cenário C4-CLESM, que combina modificações estruturais e substituição do solo, apresentou resposta muito próxima à do cenário C3-CLSM, com início do escoamento ainda mais atrasado (cerca de 3h) e pico também próximo de 2,88 L/s. A combinação de maior profundidade e solo de maior permeabilidade favorece a infiltração rápida no início do evento, reduzindo picos iniciais e prolongando ligeiramente o escoamento residual.

A comparação entre os quatro cenários demonstra que a implementação e o aprimoramento do LID reduzem os picos iniciais de vazão, retardam o tempo de resposta e promovem maior infiltração e armazenamento no sistema.

Esses resultados reforçam que ajustes estruturais e variações nas propriedades do solo são determinantes para o desempenho hidrológico do LID, confirmando sua eficiência como técnica compensatória para mitigação dos impactos da urbanização sobre o escoamento superficial e a modelagem hidrológica possibilita antecipar o comportamento das técnicas compensatórias, oferecendo subsídios para o planejamento adequado de sua implantação e para a otimização de sua eficiência em diferentes cenários.

6 CONCLUSÃO

A estrutura da biorretenção proposta possui peculiaridades comuns em áreas muito edificadas, como o recolhimento da água de chuva a partir de telhado e seu direcionamento, via tubulação, para uma área de percolação substancialmente menor. Assim como, a existência de uma berma significativa, que favorece o empoçamento e posterior infiltração em tempos prolongados. O modelo SWMM permitiu a simulação dessas peculiaridades com grande similaridade ao modelo físico experimental, demonstrando ser um modelo robusto para esse tipo de aplicação.

O SWMM se mostrou eficaz em reproduzir a entrada de dados em harmonia com os valores medidos. Os módulos LID dão grande versatilidade para simular diferentes formas de direcionamento do escoamento, em especial ao da biorretenção, que no caso se mostrou adequado ao experimento físico. A adoção de uma bacia isolada para o LID sem pluviometria direta permitiu isolar a análise e compreender de forma mais precisa o comportamento hidrológico do LID, sem interferência de variáveis externas.

A simulações em um modelo de equações integradas de chuva-escoamento-infiltração, como o SWMM, permitem indicar ajustes visando melhor adaptação do experimento real ao contexto em que está inserido, qualificando cada evento observado em conformidade com a teoria matemática envolvida, sendo importante ferramenta de análise e interpretação experimental.

De modo geral, os resultados demonstram que a resposta hidrológica da biorretenção é fortemente influenciada pelos parâmetros que governam a infiltração e a redistribuição de água no solo. Com destaque para a Condutividade Hidráulica e a Porosidade.

Já a capacidade de campo mostrou-se o parâmetro com menor influência, apresentando variações mínimas tanto no comportamento da lâmina quanto no ajuste estatístico, refletindo sua atuação mais sutil na retenção de água residual do solo.

Em conjunto, os resultados reforçam que os parâmetros mais relevantes para calibração são Ksat e porosidade, enquanto a capacidade de campo exerce influência secundária no desempenho hidrológico do modelo.

A adoção de duas curvas de aproximação, uma das quais sugerida pelo SWMM (Carga de sucção a partir da Condutividade Hidráulica: $\Psi = 218,11 K_{sat}^{-0,32}$, com $R^2 = 0,8767$) e outra (Ponto de Murcha a partir da Capacidade de Campo: $\theta_{wp} = 0,854 \theta_{wp}^{1,3065}$, com $R^2 = 0,9814$) extraída das relações apresentadas

na tabela de classificação de solos do SWMM permitiu, reduzir para três parâmetros a serem calibrados: Condutividade Hidráulica, Porosidade e Capacidade de Campo, reduzindo drasticamente o esforço na calibração manual, com resultados promissores.

Durante o processo de calibração os eventos de baixa intensidade tenderam a um ajuste mais precário e com tendência a superestimação dos valores simulados, em parte isso pode ter relação com a discretização do tempo de chuva de 5 minutos, que pode dificultar a captação dos fenômenos de baixa intensidade adequadamente.

A análise estatística por meio do NSE corroborou as interpretações obtidas na comparação entre as lâminas observadas e simuladas. Os eventos de maior magnitude apresentaram melhor desempenho, com valores de NSE entre 0,68 e 0,85, indicando boa capacidade do modelo em reproduzir a dinâmica de formação e recessão da lâmina superficial. Já os eventos de menor magnitude apresentaram valores mais baixos, incluindo resultados negativos, o que está associado às lâminas superficiais reduzidas, nas quais pequenas diferenças entre valores observados e simulados tornam-se proporcionalmente mais relevantes. De forma geral, os valores totais de NSE variaram entre 0,70 e 0,79, confirmando desempenho consistente do modelo e reforçando a consistência dos parâmetros calibrados.

As variações de cenários com os dados calibrados demonstram que as atuações das camadas estruturais do LID promovem retenção temporária da água e intensificam o processo de infiltração, eliminando ou minimizando os picos iniciais observados no cenário sem LID.

REFERÊNCIAS

- ARJENAKI, M. O.; SANAYEI, H. R. Z.; HEIDARZADEH, H.; MAHABADI, N. A. Modeling and investigating the effect of the LID methods on collection network of urban runoff using the SWMM model (case study: Shahrekord City). **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, p. 1–16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00870-2abr>
- AVELLANEDA, P. M.; JEFFERSON, A. J.; GRIESER, J. M.; BUSH, S. A. Simulation of the cumulative hydrological response to green infrastructure. **Water Resources Research**, v. 53, n. 4, p. 3087–3101, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2016WR019836>
- BEVEN, K. Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. 2. ed. **Chichester: Wiley-Blackwell**, p. 457, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781119951001>
- BIBI, T. S.; KARA, K. G.; BEDADA, H. J.; BEDEDA, R. D. Application of PCSWMM for assessing the impacts of urbanization and climate changes on the efficiency of stormwater drainage systems in managing urban flooding in Robe town, Ethiopia. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 45, 101291, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101291>
- BIBI, T. S.; SAMBETO, T.; REDDYTHA, D. Assessment of the drainage systems performance in response to future scenarios and flood mitigation measures using Stormwater Management Model. **City and Environment Interactions**, v. 19, p. 100111, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100111>
- BRASIL. Secretaria de Comunicação Social do Brasil. **População do Brasil chega a 212,6 milhões de habitantes, aponta IBGE**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/08/populacao-do-brasil-chega-a-212-6-milhoes-de-habitantes-aponta-ibge>
- BEZERRA, M. C. L.; OLIVEIRA, A. N. B.; COSTA, M. E. L.; KOIDE, S. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. **Revista Tecnologia e sociedade**, v. 16, n. 40, p.1-16, 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9430/7413>
- BRATIERES, K.; FLETCHER, T. D.; DELETIC, A.; ZINGER, Y. Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: A large-scale design optimisation study. **Journal of Hydrology**, v. 356, n. 1-2, p. 61-71, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.02.018>
- BROEKHUIZEN, I.; LEONHARDT, G.; MARSALEK, J.; VIKLANDER, M. Event selection and two-stage approach for calibrating models of green urban drainage systems. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, p. 869-885, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-24-869-2020>
- CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CHAVES, M. T. M. **Avaliação da eficácia de jardins de chuva como técnica compensatória para controle do escoamento superficial em áreas urbanas**. 2024. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Fortaleza, 2024.

CHURCH, S. P. Exploring Green Streets and rain gardens as instances of small-scale nature and environmental learning tools. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 229–240, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.021>

EPA. United States Environmental Protection Agency - **Soak Up the Rain: Rain Gardens**, 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-rain-gardens>

EPA. United States Environmental Protection Agency – **Green Infrastructure**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/green-infrastructure>

EPA. United States Environmental Protection Agency – **Storm Water Management Model (SWMM)**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 2025. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

EPA. Storm Water Management Model (SWMM) – **Manual Version 5.0**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 2010. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100ERK4.PDF?Dockkey=P100ERK4.PDF>

EPA. Storm Water Management Model (SWMM) – **Manual Version 5.1**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 2015. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

EPA. Storm Water Management Model (SWMM) – **Manual Version 5.2**. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency, 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

ECKART, K.; MCPHEE, Z.; BOLISSETTI, T. Performance and implementation of low impact development – A review. **Science of The Total Environment**, v. 607–608, p. 413–432, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>

EKMEKCIOGLU, Ö.; KOC, K.; SINGH, V. P. Sensitivity analysis of low impact development practices in urban stormwater management: A review. **Water**, v. 13, n. 15, p. 2073, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w13152073>

FLETCHER, T. D.; ANDRIEU, H.; HAMEL, P.

From stormwater management to sustainable urban drainage: past, present and future. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 1, p. 1–14, 2015.

Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Pluviômetro automático do Pici: dados históricos e climatologia da cidade de Fortaleza. Fortaleza: FUNCEME, 2024. Disponível em: <https://www.funceme.br>

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Índices de aridez do Estado do Ceará. Fortaleza: FUNCEME, 2024. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=5826

JANG, S.; KIM, H.; LEE, J.; PARK, J. Simulations of Low Impact Development Designs Using the SWMM: Sensitivity and Calibration of Key Parameters. **Environmental Engineering Research**, v. 29, n. 4, p. 230214, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4491/eer.2023.214>

GONÇALVES, T. C.; SANTOS, L. S. dos. Avaliação do impacto das mudanças climáticas e da urbanização na vazão de cheia de bacias hidrográficas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, n. 1, p. 1–11, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170104>

GRAY, L. C., ZHAO, L., & STILLWELL, A. S. Impacts of climate change on global total urban runoff. **Journal of Hydrology**, v. 620, n. A, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129352>

HOHAIA, NICK, ELIZABETH FASSMANA, WILLIAN F. HUNT, e KELLY A. COLLINS. “Hydraulic and hidrologic modelling o permeable pavemnet.” **Palm Springs, California: ASCLE**, p. 587-597, 2011. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/41173\(414\)61](https://doi.org/10.1061/41173(414)61)

IRVINE, K.; CHUA, L., ASHRAFI, M.; LOC, H. H.; LE, S. H. Drivers of model uncertainty for urban runoff in a tropical urban environment. **Urban Water Journal**, v. 20, n. 3, p. 227–238, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14796/JWMM.C496>

KIM, J.; CHOI, S.; JOO, J. EPA SWMM-LID Modeling for Low Impact Developmen. **Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation**, v. 17, n. 2, p. 415-424, 2017. Disponível em: <https://10.9798/KOSHAM.2017.17.2.415>

KIM, J.; LEE, J.; SONG, Y.; HAN, H.; JOO, J. Modeling the runoff reduction effect of low impact development installations in an industrial area, South Korea. **Water**, Basel, v. 10, n. 8, p. 967, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10080967>

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Handbuch der Klimatologie. 1. ed. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1918.

KRAVCHENKO, M.; TKACHENKO, T.; MILEIKOVSKYI, V. Modelling infiltration processes in rain gardens: Influence of design parameters on hydrological efficiency. **Ecological Safety and Balanced Use of Resources**, v. 15, n. 2, p. 22–35, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.69628/esbur/2.2024.22>

LEITE, C. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes: Desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2012.

LENHS. Laboratório de Eficiência Energético e Hidráulico em Saneamento – **EPA SWMM 5.0: Modelo de Gestão de Drenagem Urbana**. Universidade Federal da

Paraíba, Brasil, 2012. Disponível:

http://plone.ufpb.br/lenhs/contents/documentos/programa-swmm/manual_swmm.pdf

LI, J., LI, Y. & LI, Y. SWMM-based evaluation of the effect of rain gardens on urbanized areas. **Environ Earth Sci**, v. 17, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s12665-015-4807-7>

LISENBEE, W. A.; HATHAWAY, J. M.; WINSTON, R. J.

Modeling bioretention hydrology: quantifying the performance of DRAINMOD-Urban and the SWMM LID module. **Journal of Hydrology**, v. 612, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128179>

LIU, Y.; LI, J.; ZHU, D.; CHEN, Y. Parameter sensitivity analysis and calibration of soil hydraulic properties in infiltration modeling for Low Impact Development systems. **Journal of Hydrology**, v. 610, p. 127978, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127978>

MENEZES FILHO, F. C. M.; SILVA, L. H.; RODRIGUES, A. L.; MORAIS, E.

Sistemas de biorretenção para o manejo das águas pluviais: panorama internacional e critérios para projeto. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p.

e69591110335, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10335>

MIGUEZ, M. G.; RESENDE, O. M.; VERÓL, A. P. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 336 p.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, n. 3, p. 885–900, 2007. Disponível em:

<https://doi.org/10.13031/2013.23153>

NASCIMENTO, L. C. S.; SOUSA, W. L.; SILVA, D. D. Comparação entre os modelos HEC-HMS e SWMM na simulação hidrológica de uma bacia urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, p. e25, 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/2318-0331.0117160025>

NASH, J.E., SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, 10(3), 282–290, 1970.

Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)

NI, T.; ZHANG, J.; XU, C.; et al. Comprehensive benefits evaluation of low impact development. **Scientific Reports**, v. 15, p. 2227, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.1038/s41598-025-85763-z>

NIAZI, M.; SMITH, J. A.; CASSIDY, R. Storm Water Management Model:

Performance Review. **Journal of Water Management & Water Supply**, 2017.

Disponível em: <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000817>

ONU. Organização das Nações Unidas. **ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050**, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050>

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. 5. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

PRASANNA, S.; VARIJA, K. Soil Water Retention Curve from Saturated Hydraulic Conductivity for Sandy Loam and Loamy Sand Textured Soils. **Aquatic Procedia**, v.4. p.1142-1149, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.145>

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. V. **Infiltração da Água no Solo**. 3. ed. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

RAWSKI, Kamil. Rain Gardens as Green Support of Urban Stormwater Infrastructure. **Miestų Želdynų Formavimas**, v. 15, n. 1, p. 222-229, 2018. Disponível em: <https://ojs.kvk.lt/index.php/MZF/article/view/81/62>

ROSSMAN, L. A. **Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.1**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, 2015. 352 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

ROSSMAN, L. A.; HAI, C. **Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.2.4**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 2023. 418 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

RODRIGUES, A., ROCHA, B., DA SILVA, N., & GIACHETI, H. Caracterização geotécnica de um Solo Arenoso Tropical a partir de ensaios SPT, CPT e DMT. **Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0474>

SADEGHI, S.; NAJAFI, A.; MIRZAEI, M.; NAJAFI, M. Assessing the performance of low impact development techniques in controlling runoff quantity and quality in a highly urbanized area. **Science of The Total Environment**, v. 912, p. 168635, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.168635>

SILVA, L. H.; MENEZES FILHO, F. C. M.; RODRIGUES, A. L.; MORAIS, E. Sistemas de biorretenção para o manejo das águas pluviais: panorama internacional e critérios para projeto. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10335>

SILVEIRA, A.; CAVALCANTI, A. A.; MENEZES FILHO, F. C. M.; SEVERINO, M. F. Calibração do modelo hidrológico SWMM para a bacia do ribeirão vai e volta — Poços de Caldas, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 55–65, jan./fev, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202200300>

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L.; CARVALHO, L. M. V. As chuvas no Brasil. **Revista USP**, n. 83, p. 85-97, 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i83p85-97>

WANG, X.; HUANG, Z.; QIN, H.; DAI, F. Sensitivity analysis of VG model parameters for infiltration in undisturbed loess under ponding conditions using the HYDRUS-1D model. **Scientific Reports**, v. 15, n. 2, 25204, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11058-y>

WOODS BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; MARTIN, P.; JEFFERSON, I.; BRAIN, R.; DUNN, S.; KELLAGHER, R.; SILLARS, R. **The SuDS Manual (C753)**. London: CIRIA – Construction Industry Research and Information Association, 2015.

Disponível em:

https://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx

YONG, C.; LI, J.; ZHANG, Y.; ZHAO, H. Sensitivity analysis of hydrological parameters for bioretention systems simulated in SWMM under varying rainfall conditions. **Journal of Cleaner Production**, v. 366, p. 132912, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132912>

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L. **Uso de técnicas de low impact development no controle de impactos hidrológicos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 24, n. 6, p. 1195–1208, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019188729>

ZHANG, L.; YE, Z.; SHIBATA, S. Avaliação dos efeitos do jardim de chuva para a gestão do escoamento de tempestades urbanas no Japão. **Sustainability, Basel**, v. 12, n. 23, p. 1–19, 2020. DOI: 10.3390/su122310007. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/23/10007>

ZHU, Z.; CHEN, X. Urban flood inundation modeling with the improved SWMM by considering infiltration process. **Journal of Hydrology**, v. 547, p. 428-438, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.048>

APÊNDICE A – PASSOS METODOLÓGICOS E DADOS GERADOS

1. ESCOLHA DOS EVENTOS DE CHUVA PARA SIMULAÇÃO

Os eventos⁴ de chuva foram divididos em três grupos com relação a intensidade e volume de chuva e classificados como Eventos de Alta, Média e Baixa.

Foram sorteados 12 eventos:

- 4 eventos de Alta
- 4 eventos de Média
- 4 eventos de Baixa

Obs.: Os eventos foram nomeados aleatoriamente como Caso de Alta, Caso de Média e Caso de Baixa: CA1, CA2, CA3, CA4, CM1, CM2, CM3, CM4, CB1, CB2, CB3 e CB4.

Após Plotagem dos Gráficos contendo a pluviometria e a Lâmina Superficial observada, **quatro** eventos foram descartados:

- CA1 – Evento de chuva com pico elevado e duração significativa, porém sem transbordamento. O gráfico da lâmina superficial tende a se ajustar na parte inicial do evento quando se altera o valor da berma para menos, indicando drenagem superficial não prevista. A alteração significativa do valor da berma para aproximação do gráfico de simulação foi o motivo de seu descarte.
- CM1 – Os dados do evento de chuva e lâmina observada apresentaram inconsistências quanto ao número, quantidade e intensidade de picos, prejudicando a resposta da simulação.
- CB2 – Não formou Lâmina, inviabilizando a simulação da Lâmina Observada.
- CB4 – Não formou Lâmina, inviabilizando a simulação da Lâmina Observada.

Os gráficos das lâminas superficiais observadas tendem a se aproximar dos gráficos simulados quando se introduz um dispositivo de drenagem na camada de

⁴ Colocar o número de eventos monitorados e disponíveis

armazenamento inferior, controlado e avaliado para cada experimento por meio da magnitude do **Coeficiente de Fluxo** (*Coefficient Flow*):

- CA2 – Coeficiente de Fluxo 8
- CA3 – Coeficiente de Fluxo 8
- CA4 – Coeficiente de Fluxo 8
- CM2 – Coeficiente de Fluxo 1,95
- CM3 – Coeficiente de Fluxo 1,25
- CM4 – Coeficiente de Fluxo 1,25
- CB1 – Coeficiente de Fluxo 8
- CB3 – Coeficiente de Fluxo 8

Os valores elevados facilitam a drenagem na camada de fundo, impactando a metade posterior de duração do evento, não influenciando significativamente seu início.

- ✓ *Interessante para trabalhos futuros fazer uma análise de todos os eventos registrados visando identificar a formação efetiva da Lâmina dentro dos limites da berma. (Formação da lâmina – mínimo, transbordamento – máximo)*
- ✓ *Verificar o impacto da drenagem da camada de armazenamento nos diferentes tipos de eventos e aprofundar os limites de interferência.*
- ✓ *Os eventos que não formaram lâminas superficiais merecem um aprofundamento futuro por permitir identificar chuvas com intensidade e/ou duração que possam ser completamente absorvidas pela camada de solo, não permitindo fluxo superficial.*
- ✓ *O encharcamento da camada de solo é interessante para se ter visão dos eventos que possam provocar aumento significativo do peso da camada favorecendo em outros contextos deslizamento e movimentação de grandes volumes de terra, como taludes e encostas.*

2. PARÂMETROS INICIAIS

Optou-se por considerar a rugosidade e declividade inicial da superfície do LID como zero, uma vez que há apenas percolação e transbordamento.

Os parâmetros iniciais para a simulação foram calculados e adotados a partir do trabalho de Chaves e utilizados como simulação de referência, conforme mostrado no escopo do trabalho.

Tabela A - Os parâmetros iniciais para a simulação com adição de dreno na camada de armazenamento

Camada	Parâmetro	Unidade
Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197
	Tangente Declividade	42,8
	Carga ⁵de Sucção [mm]	59
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno		CA2 = 8
		CA3 = 8
		CA4 = 8
	Coeficiente de fluxo	CM2 = 1,25
		CM3 = 1,95
		CM4 = 8
		CB1 = 8
		CB3 = 8

Fonte: Autora (2025).

⁵ Obs.: Carga de sucção = Sucção capilar.

Após o levantamento dos parâmetros de simulação observados por Chaves e calculados com os dados existentes, observou-se cinco parâmetros passíveis de calibração:

- Porosidade [fração]
- Capacidade de Campo [fração]
- Ponto de Murcha [fração]
- Condutividade Hidráulica [mm/h]
- Carga de Sucção [mm]

3. ESCOLHA DO PARÂMETRO DE COMPARAÇÃO COMO SENDO O COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO - R^2 E NSE

O R^2 mede a proporção da variabilidade nos dados observados que é explicada pelo modelo simulado. É uma métrica simples e usual para avaliar se o modelo está acompanhando os dados reais, sendo aplicado em diversos trabalhos.

Importante frisar que o Coeficiente de Determinação não possui grande sensibilidade à erros sistemáticos, sendo uma limitação à sua aplicação.

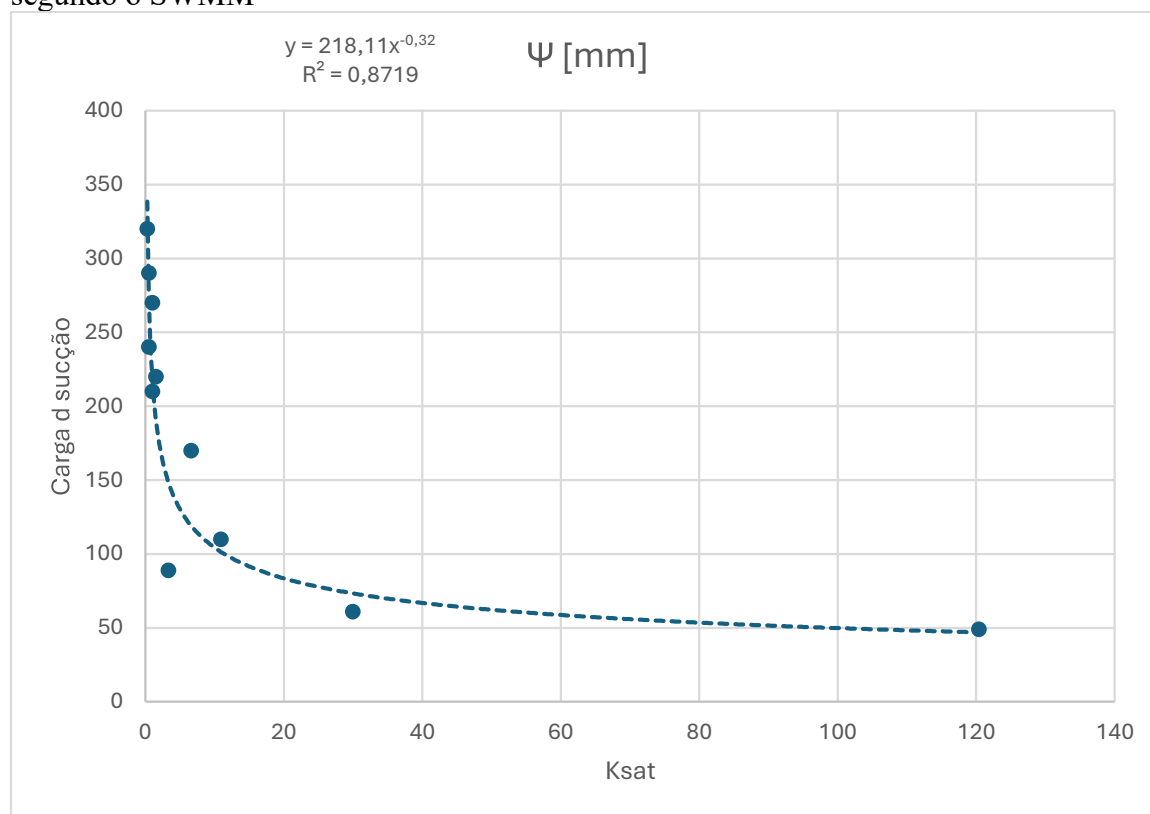
O NSE é amplamente utilizado na avaliação do desempenho de modelos hidrológicos, pois permite quantificar o grau de correspondência entre valores simulados e observados. Diferentemente do R^2 , o NSE apresenta maior sensibilidade às diferenças entre as séries comparadas, sendo capaz de refletir com maior clareza desvios na simulação dos picos e da dinâmica temporal dos eventos.

✓ *Relevante para estudos futuros estudar os métodos de ajuste R^2 , RMSE (Root Mean Square Error), PBIAS etc. que melhor se ajusta a eventos modelados pelo SWMM-LID. Considerando picos, durações e diferenças relativas.*

4 ESTUDO DA TABELA DE SOLOS DO SWMM

O SWMM sugere uma equação para aproximarmos os valores da carga de sucção em função da condutividade hidráulica saturada.

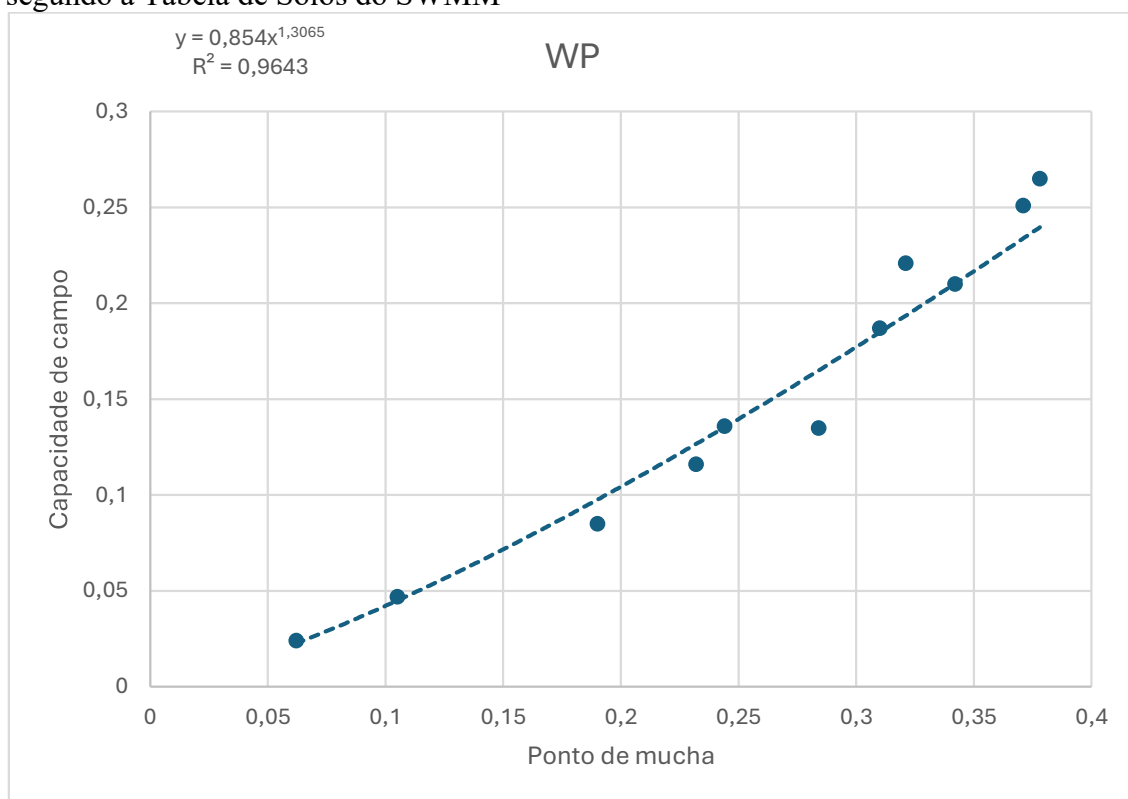
Gráfico A - Relação entre Condutividade Hidráulica (Ksat) e Carga de Sucção (ψ) segundo o SWMM



Fonte: Autora (2025).

De forma semelhante foi obtida via Método dos Mínimos Quadrados equação de interpolação para os dados da tabela de tipos de solo do SWMM para valores do Ponto de Murcha em função da Capacidade de Campo.

Gráfico B - Relação entre Capacidade de Campo (FC) e Ponto de Murcha (WP) segundo a Tabela de Solos do SWMM



Fonte: Autora (2025).

Tabela B – Parâmetros iniciais com as calibrações

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	Calibrações			
Superfície	Espessura [mm]	450	450	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0	0	0
	Espessura [mm]	450	450	450	450	450
Solo	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,029	0,029	0,029
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	40,22	40,22	40,22	59
	Espessura [mm]	580	580	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
Armaz.	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela C – Comparação do R^2 dos parâmetros iniciais com as calibrações

Eventos	R^2			
CA3 - Alta	0,7694	0,7697	0,7696	0,7230
CM3 - Média	0,7983	0,7867	0,7982	0,7962
CB3 - Baixa	0,3521	0,3836	0,3467	0,3629
Todo	0,7848	0,7637	0,7990	0,7516
Incremento Alta %	-	0,03%	0,03%	-6,03%
Incremento Média %	-	-1,45%	-0,01%	-0,26%
Incremento Baixa %	-	8,94%	-1,53%	3,06%
Incremento Todo %	-	-2,70%	1,81%	-4,23%

Fonte: Autora (2025).

Apesar da adoção das fórmulas vinculantes (Ksat com Carga de Sucção e Capacidade de Campo com Ponto de Murcha) individualmente apresentarem uma piora dos resultados do R^2 , ao aplicarmos as duas alterações temos uma melhora dos resultados, indicando uma relação complexa desses parâmetros entre si. Adotaremos essas fórmulas vinculantes.

Com isso reduzimos os cinco parâmetros a serem calibrados para três:

- Condutividade Hidráulica
- Porosidade
- Capacidade de Campo

✓ *Observa-se íntima relação entre Umidade, Capacidade de campo, Ponto de Murcha e Carga de Sucção – estudo futuro da relação dessas grandezas é interessante, lembrando que a porosidade, forma dos grãos e tamanho dos poros pode ter uma influência considerável nessas equações.*

Escolha aleatória de três eventos para servir de calibração, um de cada classificação:

- CA3 - Alta
- CM3 - Média
- CB3 - Baixa

5 SIMULAÇÃO COM TIPOS DE SOLO PARA REFERÊNCIA

Considerando os parâmetros iniciais de referência e a **Tabela de Solos** apresentada pelo SWMM, foram simuladas, para os três eventos escolhidos, as principais faixas de solo onde os parâmetros observados se enquadravam.

Intenciona-se identificar o tipo de solo esperado ou características correlatas àqueles solos tabelados pelo SWMM.

Quadro A – Tabela de Solos apresentadas no manual do Usuário do SWMM

Soil Texture Class	K [mm/hr]	Ψ [mm]	ϕ	FC	WP
Sand	120,396	49,022	0,437	0,062	0,024
Loamy Sand	29,972	60,96	0,437	0,105	0,047
Sandy Loam	10,922	109,982	0,453	0,19	0,085
Loam	3,302	88,9	0,463	0,232	0,116
Silt Loam	6,604	169,926	0,501	0,284	0,135
Sandy Clay Loam	1,524	219,964	0,398	0,244	0,136
Clay Loam	1,016	210,058	0,464	0,31	0,187
Silty Clay Loam	1,016	270,002	0,471	0,342	0,21
Sandy Clay	0,508	240,03	0,43	0,321	0,221
Silty Clay	0,508	290,068	0,479	0,371	0,251
Clay	0,254	320,04	0,475	0,378	0,265

Valores iniciais adotados	197	59	0,31	0,076	0,05
---------------------------	-----	----	------	-------	------

Fonte: Adaptado de EPA (2025).

As Tabelas D, E e F mostram os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela D – Parâmetros iniciais com as calibrações usando dados da tabela de solos

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	Sand	Loamy Sand	Sandy Loam	Interpolado/Extrapolado
Superfície	Espessura [mm]	450	450	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,437	0,437	0,453	0,183
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,062	0,105	0,190	0,090
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,024	0,047	0,085	0,076
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	120,396	29,972	10,992	273,604
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	49,022	60,96	109,982	68,976

Fonte: Autora (2025).

Tabela E – Parâmetros iniciais com as calibrações usando dados da tabela de solos

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	Sand	Loamy Sand	Sandy Loam	Interpolado/Extrapolado
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54	54	54
	de Colmatação	0	0	0	0	0
Dreno	Coefficiente de fluxo	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de fluxo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela F – Comparação do R^2 dos parâmetros iniciais com as calibrações usando dados da tabela de solos do SWMM

Eventos	R^2				
Alta	0,7694	0,4671	0,2035	0,22978	0,8497
Média	0,7983	0,6565	0,1900	0,0758	0,8000
Baixa	0,3521	0,2447	0,1545	0,1389	0,3768
Todo	0,7848	0,5878	0,3254	0,2831	0,8455
Incremento Alta %	-	-39%	-74%	-70%	10%
Incremento Média %	-	-18%	-76%	-91%	0%
Incremento Baixa %	-	-31%	-56%	-61%	7%
Incremento Todo %	-	-25%	-59%	-64%	8%

Fonte: Autora (2025).

Observa-se que, com os parâmetros iniciais temos uma boa aproximação da lâmina observada na ordem de 0,7848. Esse valor degrada consideravelmente quando usamos os parâmetros tabelados para solo arenoso 25% e degrada dramaticamente quando adotamos areia franca 59% e solo franco arenoso 64%.

Objetivando analisar a tendência da simulação interpolamos/ extrapolamos cada parâmetro individualmente no sentido oposto ao solo arenoso, tomando como referência o solo com os parâmetros iniciais.

Ressaltando que os valores obtidos são **meramente teóricos**, cuja utilidade é somente identificar tendências para os parâmetros a serem calibrados.

- Assim, para a porosidade que aumentou do solo de referência para o solo arenoso de 0,127, esse valor será **diminuído** de 0,31 para o solo com parâmetros extrapolados.
- Para a Capacidade de campo o valor diminuiu para o solo arenoso de 0,014; por isso este valor será **acrescido** a 0,076.
- Para o Ponto de Murcha o valor diminuiu para o solo arenoso de 0,026 e será **acrescido** à 0,05.
- Para a condutividade hidráulica o valor diminuiu para o solo arenoso de 76,604 e por isso será **acrescido** à 197.
- Para Carga de Sucção o valor diminuiu para o solo arenoso de 9,978 e será **acrescido** à 59.

A aproximação deste solo extrapolado teórico foi boa e teve um valor do R^2 de 0,8455, indicando uma tendência de busca. Entretanto, vale ressaltar os valores teóricos não correspondentes à natureza dos solos existentes na Tabela de Solos do SWMM, sobretudo quanto à baixa porosidade.

6 ANÁLISE DA DO PARÂMETRO - *CONDUCTIVITY SLOPE* (VALOR EMPÍRICO ADOTADO PELO SWMM)

Fator que influencia o tempo de secagem do solo. Adotou-se o valor de medido inicialmente de 42,8 – valor próximo ao centro da faixa recomendada pelo SWMM que é entre 30 e 60. Este fator permanecerá constante em todas as simulações de calibração.

7 CALIBRAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA (K_{SAT})

As Tabelas G e H mostram os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela G – Parâmetros para calibrações do K_{sat} no SWMM

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	+ 25%	- 25%
Superfície	Altura da Berma [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,05
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	246,25	147,75
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de fluxo	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de fluxo	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela H – Comparação do R² dos parâmetros iniciais com as calibrações da K_{sat}

Eventos	R ²		
Alta	0,7694	0,8359	0,6090
Média	0,7983	0,7868	0,7261
Baixo	0,3521	0,4381	0,2651
Todo	0,7848	0,8207	0,6825
Incremento Alta %	-	9%	-21%
Incremento Média %	-	-1%	-9%
Incremento Baixa %	-	24%	-25%
Incremento Todo %	-	5%	-13%

Fonte: Autora (2025).

Houve melhora significativa em torno de 5% do valor do R^2 , para o conjunto dos três eventos, quando o valor da condutividade hidráulica é acrescido de 25%, tendo a queda expressiva de 13% quando a condutividade hidráulica é diminuída na mesma proporção. O valor adotado para a Condutividade Hidráulica de 246,25 mm/hora representa elevado e fora da tabela sugerida do SWMM. Diante desse distanciamento, resolveu-se interromper a calibração nesse ponto adotando-se tal valor.

8 CALIBRAÇÃO DA POROSIDADE

As Tabelas I e J mostram os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela I – Parâmetros iniciais com as calibrações da porosidade

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	+ 25%	- 25%
Superfície	Espessura [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,3875	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,05
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de fluxo	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de fluxo	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela J – Comparação do R² dos parâmetros iniciais com as calibrações da porosidade

Eventos	R ²		
Alta	0,7694	0,7694	0,7696
Média	0,7983	0,7867	0,7982
Baixa	0,3521	0,3836	0,2812
Todo	0,7848	0,7638	0,7985
Incremento Alta %	-	-0,01%	0,02%
Incremento Média %	-	-1,45%	-0,01%
Incremento Baixa %	-	8,94%	-20,12%
Incremento Todo %	-	-2,68%	1,74%

Fonte: Autora (2025).

Houve melhora em torno de 1,74 % do valor do R^2 , para o conjunto dos três eventos, quando o valor da porosidade é diminuído de 25%, tendo a queda de 2,68 % quando a porosidade é acrescida na mesma proporção. O valor adotado para a Porosidade será de 0,2325 e representa baixo e fora da tabela sugerida do SWMM. Diante desse distanciamento, resolveu-se interromper a calibração nesse ponto adotando-se tal valor.

9 CALIBRAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO

As Tabelas K e L mostram os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela K – Parâmetros iniciais com as calibrações da capacidade de campo

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	+ 25%	- 25%
Superfície	Altura da Berma [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,095	0,057
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,039	0,020
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coeficiente de fluxo	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de fluxo	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela L – Comparação do R² dos parâmetros iniciais com as calibrações da capacidade de campo

Eventos	R ²		
Alta	0,7694	0,7694	0,7693
Média	0,7983	0,7979	0,7934
Baixa	0,3521	0,3599	0,3664
Todo	0,7848	0,7810	0,7773
Incremento Alta %	-	0,0%	0,0%
Incremento Média %	-	-0,1%	-0,6%
Incremento Baixa %	-	2,2%	4,1%
Incremento Todo %	-	-0,5%	-1,0%

Fonte: Autora (2025).

Ambas as variações de 25% na capacidade de campo provocaram uma pequena piora no Coeficiente de determinação no conjunto de eventos, mais leve quando acrescido 0,5%, com leve melhora no evento de Baixa (evento que até aqui tem mostrado piores resultados).

Optou-se pelo valor acrescido de 25%, apesar de apresentar uma leve piora quando aplicado isoladamente. Este fator sofre influência da condutividade hidráulica e carga de sucção usando-se as fórmulas vinculadas, dando melhor resultados nessa condição – conforme demonstrado anteriormente. Assim, espera-se manter a coerência e robustez da calibração final.

Adicionalmente, foi avaliado o NSE como métrica complementar ao coeficiente de determinação (R^2), permitindo verificar o desempenho do modelo na reprodução das séries observadas durante o processo de calibração.

Tabela LL – Comparação do NSE dos parâmetros iniciais com as calibrações

	NSE			
	Dados Iniciais	CA3 CM3 CB3	CA2 CM2 CB1	CA4 CM4
Alta	0,68	0,84	0,85	0,74
Média	0,75	0,68	0,22	-2,61
Baixa	-7,07	-3,72	0,27	-
Total	0,70	0,79	0,78	0,73

Obs.: O evento CM4 foi avaliado somente até a terceira hora, este evento possui características limitrofes com os eventos de baixa.

O Coeficiente de NSE confirma a boa adequação da calibração para os eventos com um todo, com alta adequação para eventos considerados de alta e precária adequação para eventos de baixa.

Em conjunto do R^2 confirma a calibração em harmonia com os eventos calibrados e suas peculiaridades.

10 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A Tabela M mostra os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela M – Comparação da Análise de Sensibilidade

Ksat	R²	
	25%	-25%
Incremento Alta %	Melhora	Piora
Incremento Média %	Piora	Piora
Incremento Baixa %	Melhora	Piora
Incremento Todo %	Melhora	Piora

Variação do conjunto entre 5 e 13%

Porosidade	R²	
	25%	-25%
Incremento Alta %	-	-
Incremento Média %	Piora	-
Incremento Baixa %	Melhora	Piora
Incremento Todo %	Piora	Melhora

Variação do conjunto entre 1,74 e 2,68%

Capacidade de campo	R²	
	25%	-25%
Incremento Alta %	-	-
Incremento Média %	-	Piora
Incremento Baixa %	Melhora	Melhora
Incremento Todo %	Piora	Piora

Variação do conjunto entre 0 e 0,95%

Fonte: Autora (2025).

Percebe-se que o conjunto de equações que compõe o modelo ofertado pelo SWMM é significativamente mais sensível, no contexto dos três parâmetros calibrados aqui, à Condutividade Hidráulica da Camada de solo. A Porosidade vem logo em seguida, porém com menos impacto relativo e, finalmente, a capacidade de campo se mostrou pouco influente nos resultados do modelo em seu aspecto mais geral da formação da lâmina superficial.

11 CALIBRAÇÃO GERAL

As Tabelas N e O mostram os dados usados e gerados desta etapa.

Tabela N – Parâmetros iniciais com as calibrações da capacidade de campo

Camada	Parâmetro	Valor de Referência	+ 25%	- 25%
Superfície	Altura da Berma [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,2325	0,25575
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,095	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,039	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	246,25	221,625
	Tangente Declividade	42,8	42,8	43,8
	Carga de Sucção [mm]	59	37,45	38,73
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de fluxo	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de fluxo	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

Fonte: Autora (2025).

Tabela O – Comparação do R² dos parâmetros iniciais com as calibrações da capacidade de campo

Eventos	R ²		
Alta	0,7694	0,8400	0,8178
Média	0,7983	0,8057	0,8092
Baixa	0,3521	0,3464	0,3310
Todo	0,7848	0,8392	0,8279
Incremento Alta %	-	9%	6%
Incremento Média %	-	1%	1%
Incremento Baixa %	-	-2%	-6%
Incremento Todo %	-	7%	5%

Fonte: Autora (2025).

Para calibração final variou-se os dois parâmetros mais influentes para um valor intermediário (variação de 10%) e verificou-se uma piora em torno de 2% no resultado do Coeficiente de Determinação do conjunto de eventos analisados.

Percebe-se uma tendência a um solo com maior condutividade hidráulica e menor porosidade, em situação inversa de determinadas argilas, o que aponta para um solo uma situação muito específica de solo arenoso compactado.

A drenagem também desempenha fator relevante no processo, sua quantificação e qualificação deve estabelecer uma compreensão melhor dos mecanismos de funcionamento dos Jardins de chuva com berma relevante.

12 VALIDAÇÃO

Os dados usados dos eventos da etapa de validação estão no quadro abaixo
(Quadro B e C).

Quadro B – Dados da validação CA2,
CM2 e CB1

Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,03943245
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	42,80
	Carga de Sucção [mm]	37,45
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,25 - 8
	Expoente de fluxo	0,5
	Offset [mm]	120

R²

Alta 0,8646
Média 0,8127
Baixa 0,3919
Todo 0,8531

Quadro C – Dados da validação CA4,
CM4

Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	42,8
	Carga de Sucção [mm]	37,45
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,25
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

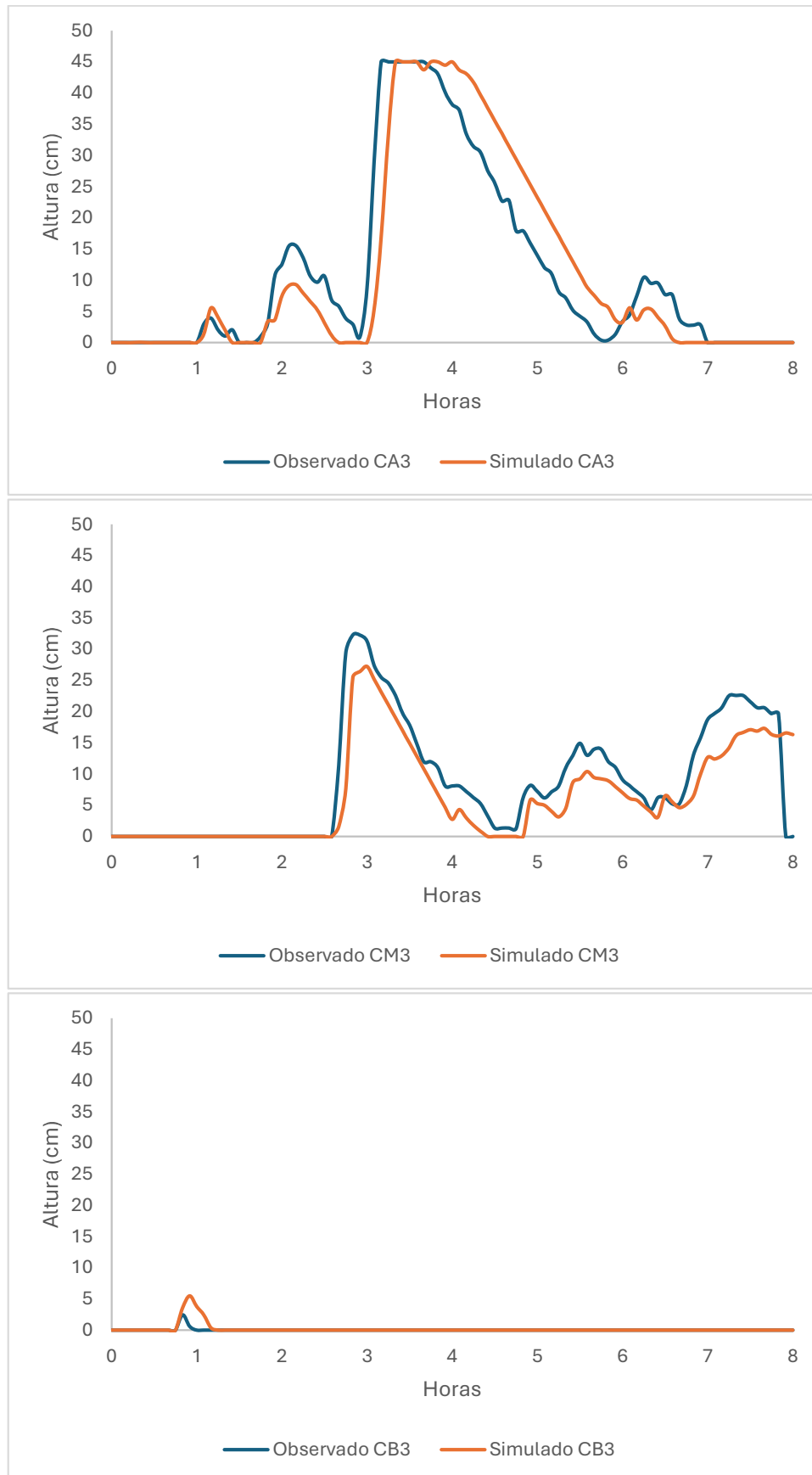
R²

Alta 0,8274
Média 0,4783
Baixa -
Todo 0,8534

O evento CM4 apresentou lâmina zero após as primeiras horas contrariando os valores observados. Observa-se ainda este evento se aproxima dos eventos de baixa onde as simulações apresentaram valores inferiores aos demais de média e alta em geral.

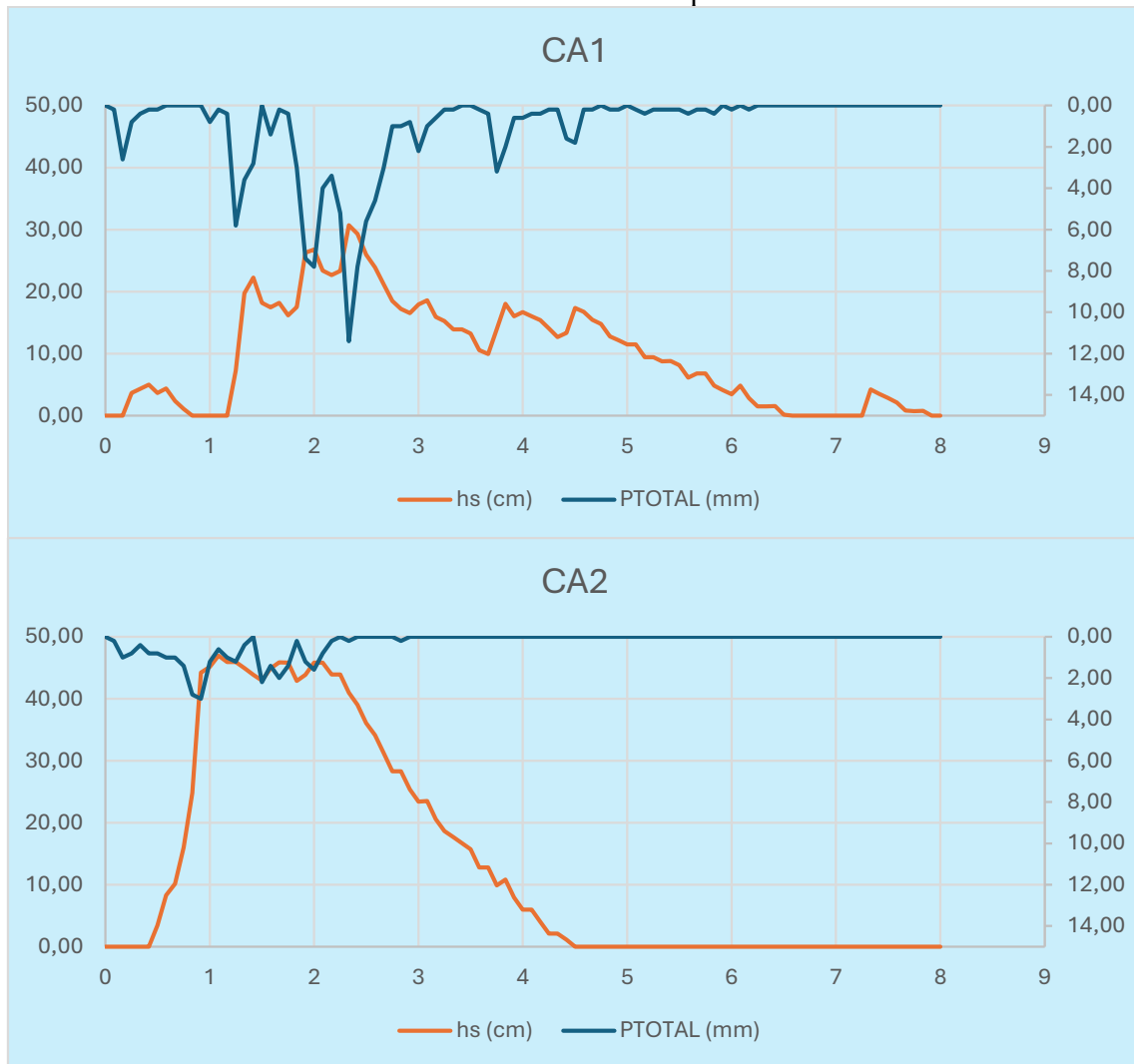
O Gráfico C, D, E, F, G, H, I mostra os resultados dos valores calibrados, utilizando os eventos de chuva.

Gráfico C - Gráficos Calibrados



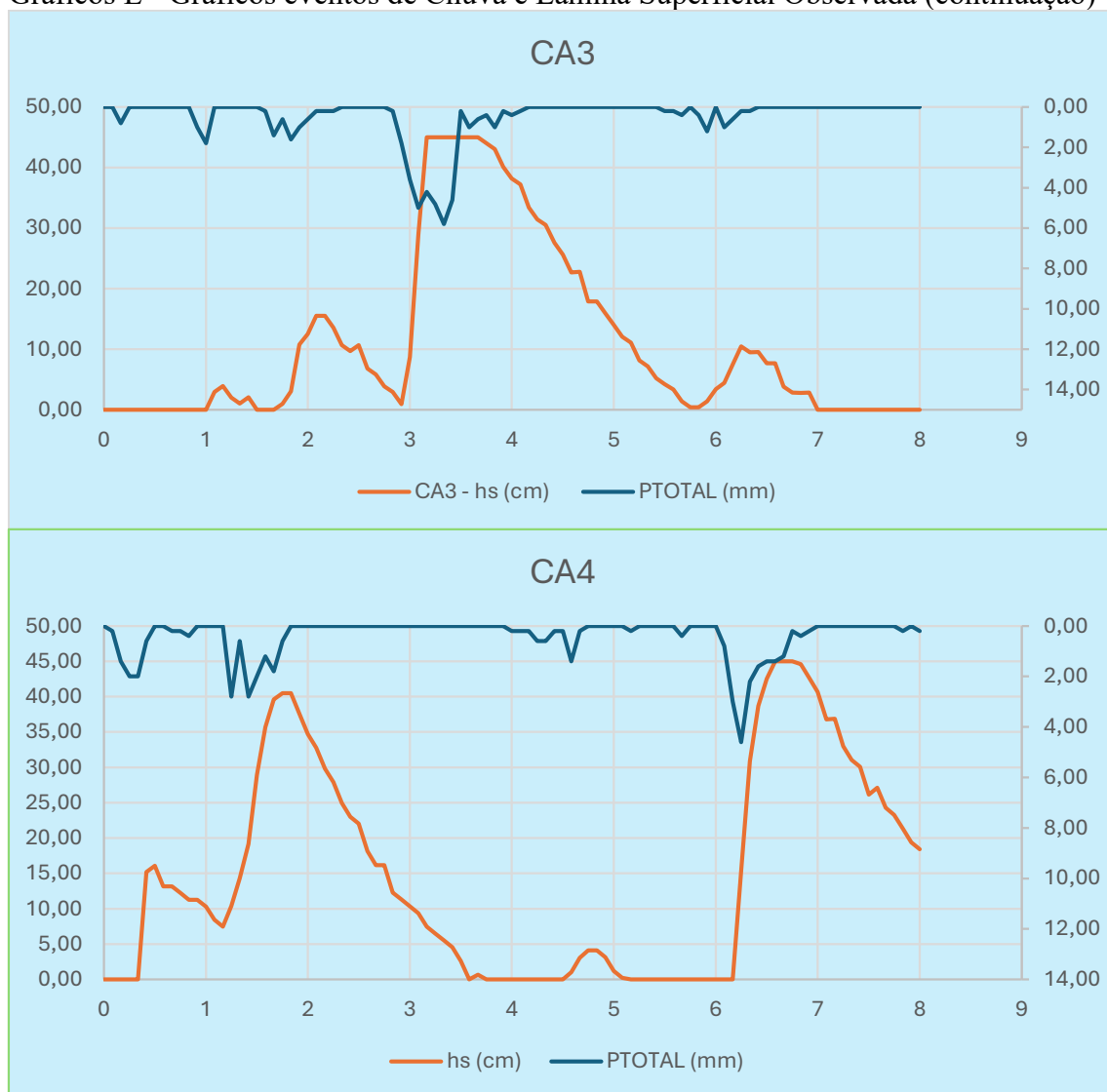
Fonte: Autora (2025).

Gráficos D - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada



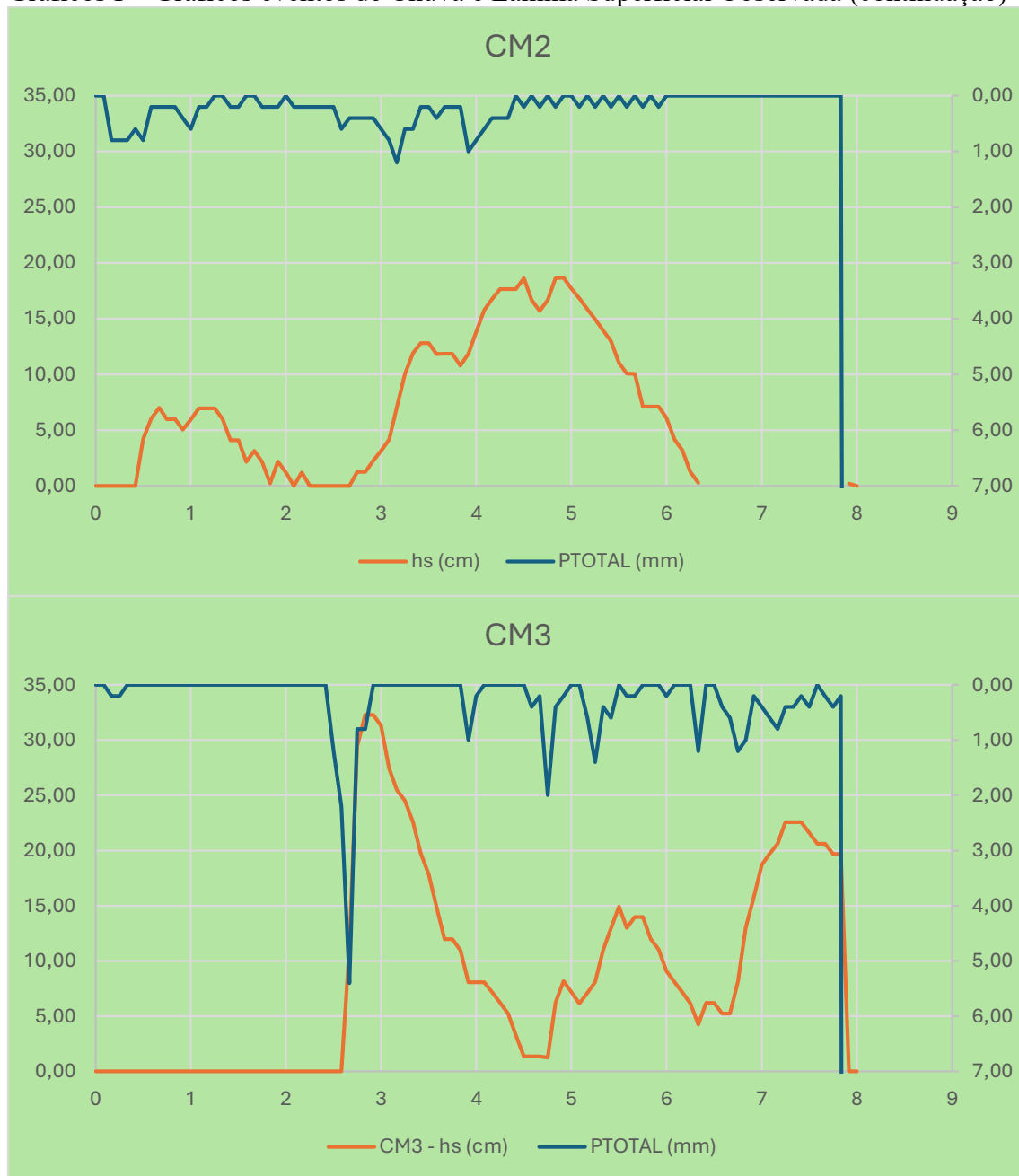
Fonte: Autora (2025).

Gráficos E - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada (continuação)



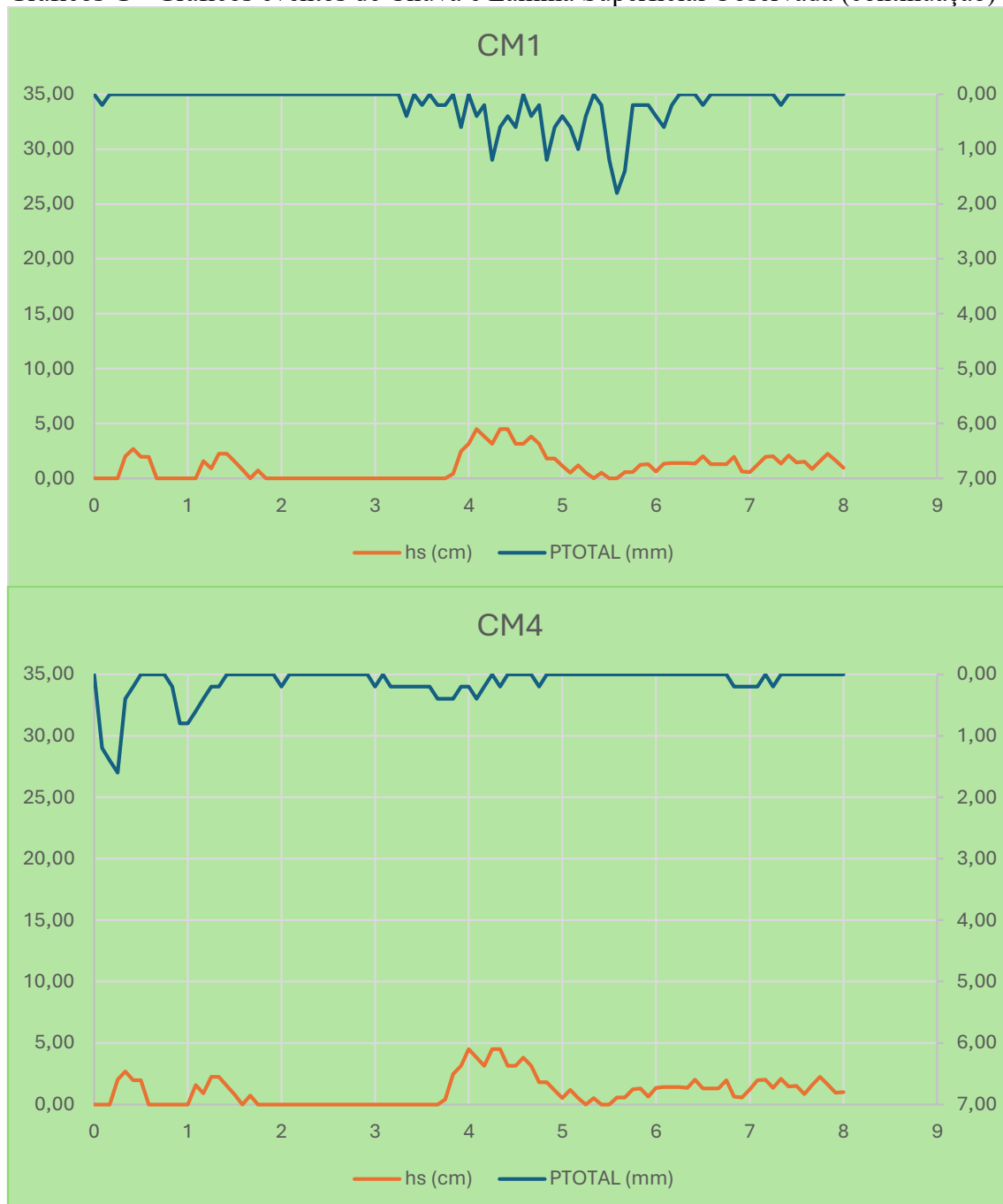
Fonte: Autora (2025).

Gráficos F - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada (continuação)



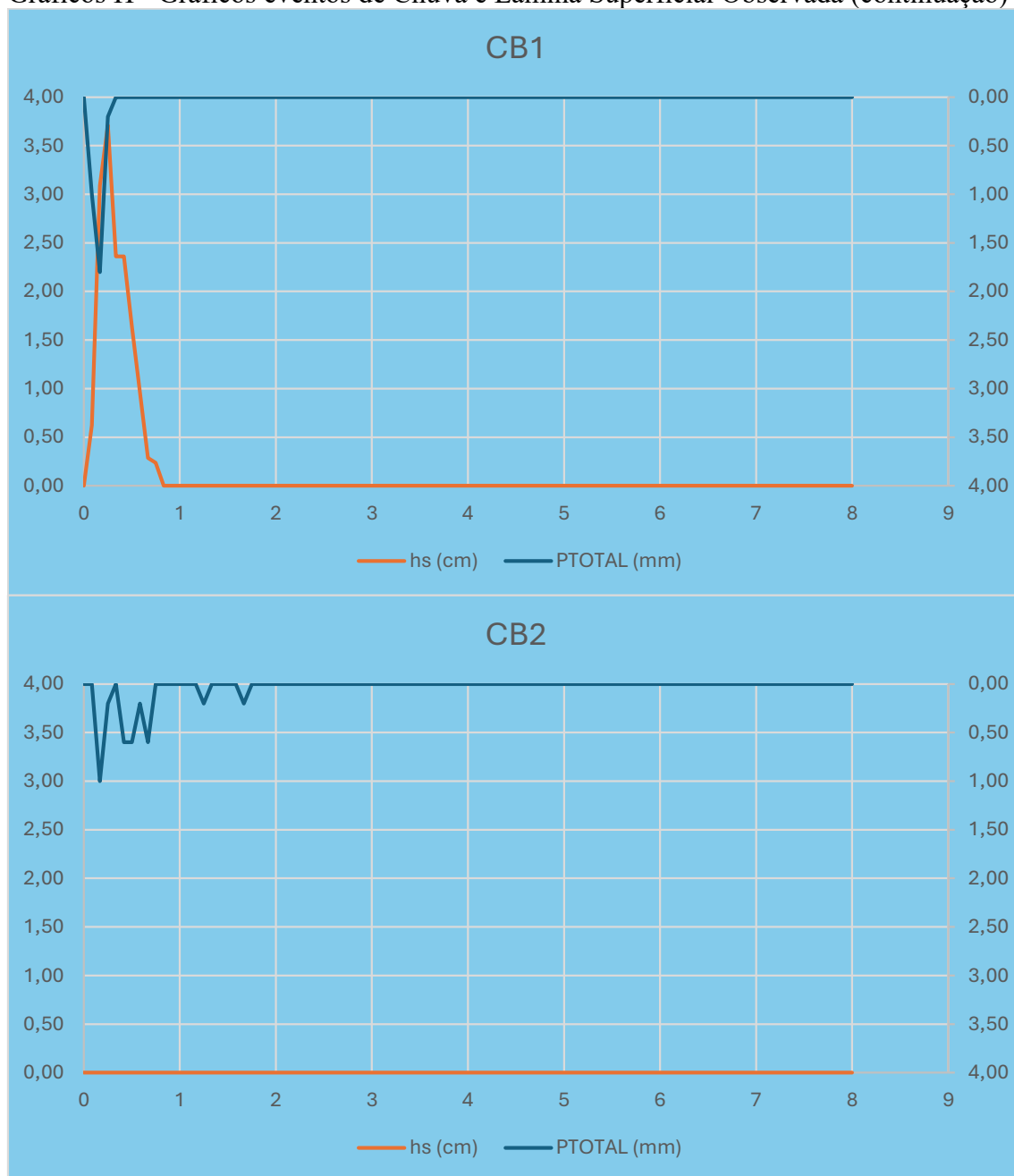
Fonte: Autora (2025).

Gráficos G - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada (continuação)



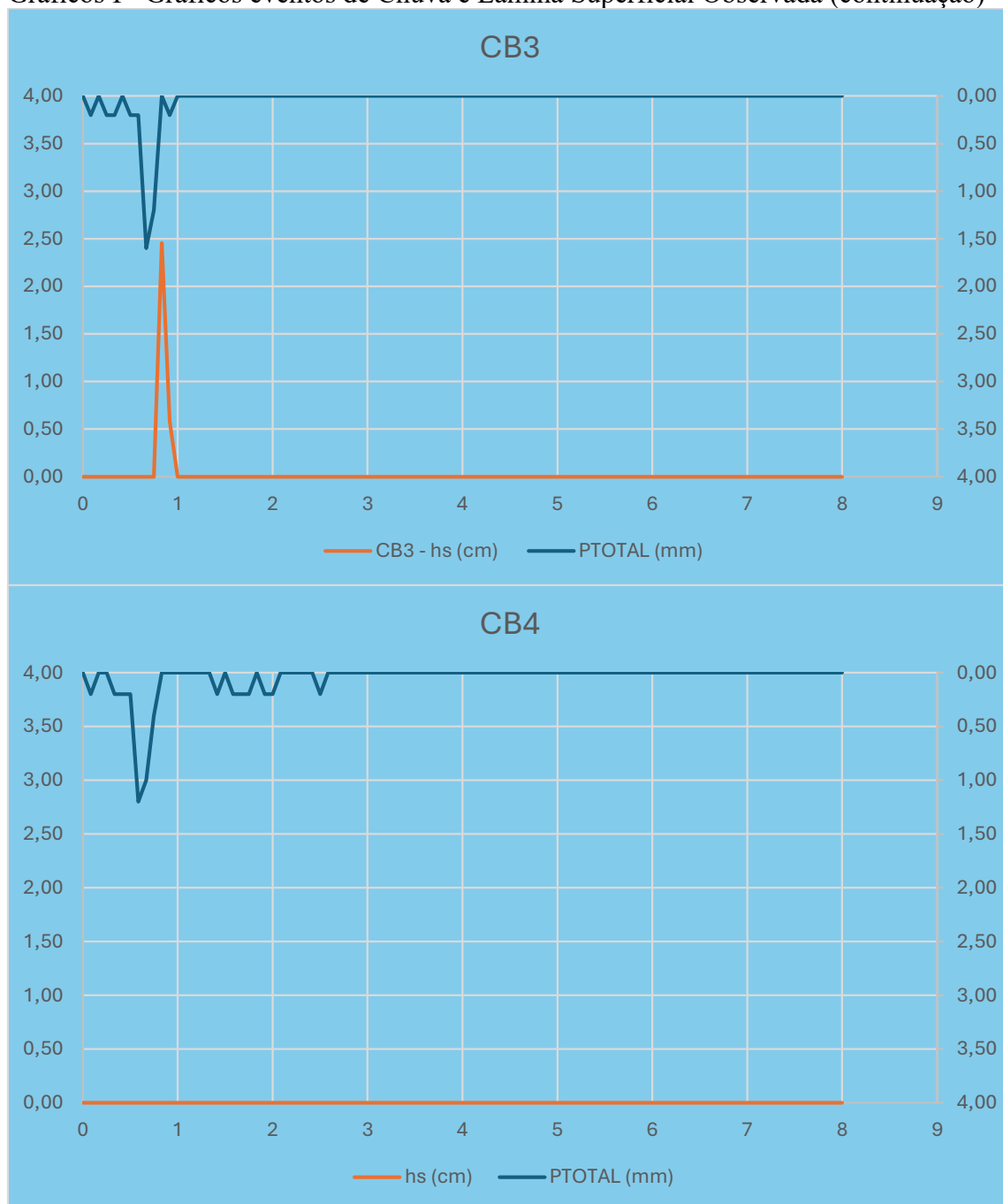
Fonte: Autora (2025).

Gráficos H - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada (continuação)



Fonte: Autora (2025).

Gráficos I - Gráficos eventos de Chuva e Lâmina Superficial Observada (continuação)



Fonte: Autora (2025).

13 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E CARGA DE SUCÇÃO; CAPACIDADE DE CAMPO E PONTO DE MURCHA (RESUMO)

Camada	Parâmetro	Ksat	Carga de Sucção	Capacidade de Campo	Ponto de Murcha
Superfície	Altura da Berna [mm]	450	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,029	0,029
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	40,22	40,22	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120	120

R^2

Alta	0,7694	0,7697	0,7696	0,7230
Média	0,7983	0,7867	0,7982	0,7962
Baixa	0,3521	0,3836	0,3467	0,3629
Todo	0,7848	0,7637	0,7990	0,7516
Incremento	-			
Alta %	-	0,03%	0,03%	-6,03%
Incremento	-			
Média %	-	-1,45%	-0,01%	-0,26%
Incremento	-			
Baixa %	-	8,94%	-1,53%	3,06%
Incremento	-			
Todo %	-	-2,70%	1,81%	-4,23%

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial			
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0,1916	0,1612	0,0348
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	1,4634
0,8	0,00	0	0	0	5,8196
0,8	0,00	0	0	0	3,5422
0,9	0,00	0	0	0	1,4928
1,0	0,00	0	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	1,7043	1,6697	0
1,2	3,95	5,9002	6,1928	6,1311	0
1,3	2,02	3,6593	4,0117	3,9156	0
1,3	1,05	1,6309	2,033	1,9178	0
1,4	2,06	0,0853	0,5081	0,1539	3,3179
1,5	0,00	0	0	0	4,0469
1,6	0,00	0	0	0	8,3197
1,7	0,00	0	0	0	10,3596
1,8	0,99	0	0	0	10,8976
1,8	3,04	3,3326	3,3876	3,3767	9,9736
1,9	10,78	4,0639	4,1071	4,1186	9,0498
2,0	12,56	8,3367	8,3799	8,3914	8,1063
2,1	15,51	10,3765	10,4197	10,4313	6,4646
2,2	15,51	10,9145	10,9577	10,9692	4,823
2,3	13,59	9,9905	10,0337	10,0452	3,1813
2,3	10,67	9,0668	9,11	9,1215	1,5396
2,4	9,69	8,1232	8,1664	8,178	0
2,5	10,68	6,4816	6,5248	6,5363	0

2,6	6,81	4,8399	4,8831	4,8946	0
2,7	5,85	3,1982	3,2414	3,253	5,2478
2,8	3,89	1,5566	1,5998	1,6113	17,2339
2,8	2,93	0	0	0	34,2582
2,9	0,92	0	0	0	45
3,0	8,72	0	0	0	45
3,1	28,89	5,2457	5,2399	5,2382	45
3,2	45,00	17,2319	17,2261	17,2244	45
3,3	45,00	34,2561	34,2503	34,2486	44,1575
3,3	45,00	45	45	45	45
3,4	45,00	45	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45	44,8888
3,6	45,00	45	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	44,1575	44,1575	44,0978
3,8	44,02	45	45	45	43,9067
3,8	43,03	45	45	45	42,9645
3,9	40,12	44,8888	44,8888	44,8888	41,3228
4,0	38,18	45	45	45	39,6812
4,1	37,23	44,0978	44,0978	44,0978	38,0395
4,2	33,40	43,9067	43,9067	43,9067	36,3978
4,3	31,46	42,9645	42,9645	42,9645	34,7562
4,3	30,50	41,3228	41,3228	41,3228	33,1145
4,4	27,58	39,6812	39,6812	39,6812	31,4728
4,5	25,62	38,0395	38,0395	38,0395	29,8312
4,6	22,70	36,3978	36,3978	36,3978	28,1895
4,7	22,78	34,7562	34,7562	34,7562	26,5478
4,8	17,91	33,1145	33,1145	33,1145	24,9062
4,8	17,91	31,4728	31,4728	31,4728	23,2645
4,9	15,95	29,8312	29,8312	29,8312	21,6228
5,0	14,01	28,1895	28,1895	28,1895	19,9812
5,1	12,05	26,5478	26,5478	26,5478	18,3395
5,2	11,07	24,9062	24,9062	24,9062	16,7178
5,3	8,16	23,2645	23,2645	23,2645	15,7957
5,3	7,18	21,6228	21,6228	21,6228	14,8936
5,4	5,21	19,9812	19,9812	19,9812	14,6827
5,5	4,24	18,3395	18,3395	18,3395	13,081
5,6	3,34	16,7178	16,7178	16,7178	12,9901
5,7	1,39	15,7957	15,7957	15,7957	15,7038
5,8	0,41	14,8936	14,8936	14,8936	14,1621
5,8	0,41	14,6827	14,6827	14,6827	16,2047
5,9	1,38	13,081	13,081	13,081	16,745
6,0	3,39	12,9901	12,9901	12,9901	15,8231
6,1	4,46	15,7038	15,7038	15,7038	14,8812
6,2	7,47	14,1621	14,1621	14,1621	13,2395
6,2	10,47	16,2047	16,2047	16,2047	11,5978
6,3	9,51	16,745	16,745	16,745	9,9562

6,4	9,56	15,8231	15,8231	15,8231	8,3145
6,5	7,71	14,8812	14,8812	14,8812	6,6728
6,6	7,69	13,2395	13,2395	13,2395	5,0312
6,7	3,81	11,5978	11,5978	11,5978	3,3895
6,7	2,83	9,9562	9,9562	9,9562	1,7478
6,8	2,81	8,3145	8,3145	8,3145	0,1062
6,9	2,85	6,6728	6,6728	6,6728	0
7,0	0,00	5,0312	5,0312	5,0312	0
7,1	0,00	3,3895	3,3895	3,3895	0
7,2	0,00	1,7478	1,7478	1,7478	0
7,2	0,00	0,1062	0,1062	0,1062	0
7,3	0,00	0	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0	0
	Observado	Calculado			
Hora	CM3 - hs (cm)	Inicial	0.3875	0.2325	
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0

2,0	0,00	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	1,1984	1,8042	1,3888
2,8	29,44	7,7178	7,3102	8,2248	7,6017
2,8	32,30	25,086	24,501	25,8229	24,9202
2,9	32,26	25,4822	24,2694	27,1505	24,9047
3,0	31,30	26,7304	24,8375	28,3987	26,2509
3,1	27,42	25,0887	23,1958	26,7571	24,6092
3,2	25,49	23,4471	21,5541	25,1154	22,9675
3,3	24,53	21,8054	19,9125	23,4737	21,3259
3,3	22,59	20,1637	18,2708	21,8321	19,6842
3,4	19,74	18,5221	16,6291	20,1904	18,0425
3,5	17,82	16,8804	14,9875	18,5487	16,4009
3,6	14,89	15,2387	13,3458	16,9071	14,7592
3,7	11,97	13,5971	11,7041	15,2654	13,1175
3,8	11,96	11,9554	10,0625	13,6237	11,4759
3,8	10,98	10,3137	8,4208	11,9821	9,8342
3,9	8,07	8,6721	6,7791	10,3404	8,1925
4,0	8,08	7,1304	5,2375	8,7987	6,6509
4,1	8,08	9,1302	7,2373	10,7986	8,6507
4,2	7,19	8,1859	6,293	9,8542	7,7064
4,3	6,22	6,5442	4,6513	8,2126	6,0647
4,3	5,23	4,9026	3,0096	6,5709	4,423
4,4	3,27	3,2609	1,368	4,9292	2,7814
4,5	1,35	1,6192	0	3,2876	1,1397
4,6	1,35	0	0	1,6459	0
4,7	1,35	0	0	0,0442	0
4,8	1,26	0	0	0	0
4,8	6,22	0	0	0	0
4,9	8,17	5,7877	5,7841	6,2474	5,7876
5,0	7,20	5,5954	5,5919	6,7401	5,5954
5,1	6,14	4,6522	4,6487	6,4805	4,6522
5,2	7,12	3,6896	3,007	5,5232	3,0105
5,3	8,10	2,7996	1,4253	4,6283	2,2504
5,3	11,01	4,1527	2,0845	5,9766	3,605
5,4	12,95	8,327	6,2142	10,1461	7,7807
5,5	14,92	8,8548	6,7475	10,6692	8,3099
5,6	12,98	10,0524	7,9506	11,8623	9,509
5,7	13,97	9,1059	7,0094	10,9111	8,5638
5,8	13,97	8,8607	6,7697	10,6613	8,32

5,8	12,00	8,5963	6,5106	10,3923	8,057
5,9	11,03	7,6334	5,5532	9,4248	7,0955
6,0	9,09	6,6731	4,5983	8,4599	6,1366
6,1	8,11	5,7352	3,6658	7,5174	5,2001
6,2	7,15	5,479	3,415	7,2565	4,9452
6,2	6,17	4,5242	2,4657	6,2971	3,9919
6,3	4,24	3,572	1,5189	5,3402	3,0411
6,4	6,20	2,7423	0,6946	4,5059	2,2127
6,5	6,20	6,1496	4,1074	7,9085	5,6215
6,6	5,22	5,1931	3,1563	6,9475	4,6664
6,7	5,22	4,2791	2,2476	6,0289	3,7538
6,7	8,15	4,8179	2,7918	6,5631	4,2939
6,8	13,03	6,1465	4,1257	7,8871	5,6239
6,9	15,79	9,645	7,6296	11,3812	9,1238
7,0	18,71	12,3234	10,3132	14,0551	11,8035
7,1	19,70	12,0905	10,0854	13,8179	11,572
7,2	20,61	12,6094	10,6094	14,3324	12,0922
7,2	22,55	13,8782	11,8832	15,5968	13,3622
7,3	22,57	15,8349	13,8449	17,5493	15,3202
7,4	22,57	16,3245	14,3395	18,0346	15,8111
7,5	21,59	16,7929	14,8128	18,4988	16,2808
7,6	20,61	16,549	14,5739	18,2507	16,0382
7,7	20,61	16,9969	15,0267	18,6944	16,4874
7,7	19,68	16,0329	14,0676	17,7262	15,5246
7,8	19,68	15,791	13,8306	17,4801	15,284
7,9	0,00	16,2608	14,3053	17,9458	15,7551
8,0	0,00	15,9984	14,0478	17,6792	15,4939
	Observado	Calculado			
Hora	CB3 - hs (cm)	Inicial			
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,8	2,45	3,7574	3,6083	3,8931	3,7173
0,9	0,58	5,8733	5,5823	6,0649	5,7942
1,0	0,00	3,7029	3,2916	3,9242	3,5904
1,1	0,00	2,5221	1,9121	2,6476	2,2618
1,2	0,00	0,8804	0	1,0933	0,7408
1,3	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0

1,5	0,00	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0
2,9	0,00	0	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0	0

5,3	0,00	0	0	0	0
5,4	0,00	0	0	0	0
5,5	0,00	0	0	0	0
5,6	0,00	0	0	0	0
5,7	0,00	0	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0	0
5,9	0,00	0	0	0	0
6,0	0,00	0	0	0	0
6,1	0,00	0	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0	0
6,4	0,00	0	0	0	0
6,5	0,00	0	0	0	0
6,6	0,00	0	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0	0
6,8	0,00	0	0	0	0
6,9	0,00	0	0	0	0
7,0	0,00	0	0	0	0
7,1	0,00	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0	0

14 ESTUDO DA TABELA DE SOLOS DO SWMM

Camada	Parâmetro					
Superfície	Altura da Berna [mm]	450	450	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,00000	0,437	0,453	0,62
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,00000	0,105	0,19	0,152
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,00000	0,047	0,085	0,1
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	0,00000	29,972	10,992	394
	Tangente Declividade	42,8	42,80000	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	0,00000	60,96	109,98 2	118
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120	120	120

R²

Alta	0,7694	0,4671	0,2035	0,2298	0,8497
Média	0,7983	0,6565	0,1900	0,0758	0,8000
Baixa	0,3521	0,2447	0,1545	0,1389	0,1972
Todo	0,7848	0,5878	0,3254	0,2831	0,8422
Incremento Alta %	-	-39%	-74%	-70%	10%

	Incremento Média %	-	-18%	-76%	-91%	0%
	Incremento Baixa %	-	-31%	-56%	-61%	-44%
	Incremento Todo %	-	-25%	-59%	-64%	7%
HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial				
0,0	0,00	0	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0,44	1,6739	2,006	0
0,4	0,00	0	0	0,9528	1,5374	0
0,5	0,00	0	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	2,2293	3,3576	3,5819	1,1055
1,2	3,95	5,9002	7,1999	9,4	9,8859	5,7745
1,3	2,02	3,6593	5,4666	8,7958	9,6014	3,4944
1,3	1,05	1,6309	0	0	8,589	1,2144
1,4	2,06	0,0853	0	0	8,3836	0
1,5	0,00	0	0	0	8,9992	0
					13,924	
1,6	0,00	0	0	6,7522	2	0
1,7	0,00	0	0	6,3389	16,001	0
					21,668	
1,8	0,99	0	0	6,7558	4	0
					25,078	
1,8	3,04	3,3326	3,9998	11,4845	2	2,8752
1,9	10,78	4,0639	5,0818	13,3415	26,976	2,9134
					27,410	
2,0	12,56	8,3367	9,7507	18,7852	3	6,5478
					27,850	
2,1	15,51	10,3765	12,0983	21,9494	6	7,9493
					28,276	
2,2	15,51	10,9145	13,2728	23,5943	3	7,8489
					28,008	
2,3	13,59	9,9905	12,9872	23,7765	5	6,2865
					26,997	
2,3	10,67	9,0668	12,7018	23,9714	2	4,7244
2,4	9,69	8,1232	12,3966	24,1575	26,78	3,1425

					27,425	
2,5	10,68	6,4816	11,3933	23,6553	7	0,8625
					34,101	
2,6	6,81	4,8399	10,39	23,1675	9	0
2,7	5,85	3,1982	9,3867	22,6924	45	0
2,8	3,89	1,5566	8,3834	22,2289	45	0
2,8	2,93	0	7,3801	21,776	45	0
2,9	0,92	0	6,3968	21,3526	45	0
3,0	8,72	0	6,2718	21,7964	45	0
3,1	28,89	5,2457	12,1761	28,2718	45	4,5851
3,2	45,00	17,2319	24,8006	41,4317	45	15,992
3,3	45,00	34,2561	42,4632	45	45	32,3779
3,3	45,00	45	45	45	45	45
3,4	45,00	45	45	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45	45	45
3,6	45,00	45	45	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	44,7958	45	45	43,5191
3,8	44,02	45	45	45	45	44,9228
					44,764	
3,8	43,03	45	45	45	9	44,8443
					44,532	
3,9	40,12	44,8888	45	45	9	44,0947
4,0	38,18	45	45	45	44,304	45
					44,077	
4,1	37,23	44,0978	44,7361	45	8	43,4594
					43,854	
4,2	33,40	43,9067	45	45	4	42,6299
					43,633	
4,3	31,46	42,9645	44,6962	45	6	41,0494
					43,415	
4,3	30,50	41,3228	43,6929	44,7502	3	38,7694
					43,199	
4,4	27,58	39,6812	42,6896	44,5005	4	36,4893
					42,985	
4,5	25,62	38,0395	41,6863	44,2507	8	34,2093
					42,774	
4,6	22,70	36,3978	40,683	44,0009	4	31,9293
					42,565	
4,7	22,78	34,7562	39,6797	43,7512	1	29,6492
					42,357	
4,8	17,91	33,1145	38,6764	43,5014	9	27,3692
					42,152	
4,8	17,91	31,4728	37,6731	43,2516	7	25,0971
					41,949	
4,9	15,95	29,8312	36,6698	43,0019	3	22,8171
					41,747	
5,0	14,01	28,1895	35,6665	42,7521	8	20,5371
					41,568	
5,1	12,05	26,5478	34,6632	42,5023	1	18,257

					42,089	
5,2	11,07	24,9062	33,6599	42,2526	6	15,977
					42,631	
5,3	8,16	23,2645	32,6566	42,0028	4	13,697
					43,864	
5,3	7,18	21,6228	31,6533	41,753	5	11,4169
					43,715	
5,4	5,21	19,9812	30,65	41,5033	9	9,1369
5,5	4,24	18,3395	29,6467	41,2535	45	6,8569
5,6	3,34	16,7178	28,6634	41,0237	45	4,5968
5,7	1,39	15,7957	28,3796	41,4935	45	3,0363
5,8	0,41	14,8936	28,1159	41,9833	45	1,4959
5,8	0,41	14,6827	28,5433	43,1643	45	0,6466
5,9	1,38	13,081	27,58	42,9545	45	0
6,0	3,39	12,9901	28,1275	44,2555	45	0
6,1	4,46	15,7038	31,4795	45	44,909	2,4522
6,2	7,47	14,1621	30,5762	44,8502	44,818	0,2721
					44,726	
6,2	10,47	16,2047	33,2572	45	9	1,6763
					44,635	
6,3	9,51	16,745	34,4359	45	9	1,5783
					44,544	
6,4	9,56	15,8231	34,1523	45	9	0,018
					44,453	
6,5	7,71	14,8812	33,8488	45	9	0
					44,362	
6,6	7,69	13,2395	32,8455	44,7502	9	0
					44,271	
6,7	3,81	11,5978	31,8422	44,5005	9	0
					44,180	
6,7	2,83	9,9562	30,8389	44,2507	8	0
					44,089	
6,8	2,81	8,3145	29,8356	44,0009	8	0
					43,998	
6,9	2,85	6,6728	28,8323	43,7512	8	0
					43,907	
7,0	0,00	5,0312	27,829	43,5014	8	0
					43,816	
7,1	0,00	3,3895	26,8257	43,2516	8	0
					43,725	
7,2	0,00	1,7478	25,8224	43,0019	8	0
					43,634	
7,2	0,00	0,1062	24,8191	42,7521	7	0
					43,543	
7,3	0,00	0	23,8158	42,5023	7	0
					43,452	
7,4	0,00	0	22,8125	42,2526	7	0
					43,361	
7,5	0,00	0	21,8092	42,0028	7	0

7,6	0,00	0	20,8059	41,753	0	0
7,7	0,00	0	19,8026	41,5033	0	0
7,7	0,00	0	18,7993	41,2535	0	0
7,8	0,00	0	17,796	41,0037	0	0
7,9	0,00	0	16,7927	40,754	0	0
8,0	0,00	0	15,7894	40,5042	0	0
Hora	Observado CM3 - hs (cm)	Calculado Inicial				
0,0	0,00	0	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0,0033	0
0,4	0,00	0	0	0	0,2032	0
0,5	0,00	0	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	2,0897	3,9851	4,2483 12,440	1,4148
2,8	29,44	7,7178	8,8655	11,8727	8 31,799	8,0847
2,8	32,30	25,086	26,6727	30,8502	2	25,589

2,9	32,26	25,4822	27,0738	32,6935	34,175 1	26,2782
3,0	31,30	26,7304	27,7557	34,6019	36,531 1	26,8881
3,1	27,42	25,0887	25,737	33,7025	36,035 2	24,6081
3,2	25,49	23,4471	23,9118	0	32,464 5	22,328
3,3	24,53	21,8054	22,2216	0	32,289	20,048
3,3	22,59	20,1637	21,0121	0	35,661 8	17,768
3,4	19,74	18,5221	20,0088	0	36,082 9	15,4879
3,5	17,82	16,8804	19,0055	0	35,810 8	13,2079
3,6	14,89	15,2387	18,0022	0	34,776 5	10,9279
3,7	11,97	13,5971	16,9989	0	34,572 2	8,6478
3,8	11,96	11,9554	15,9956	0	35,781	6,3678
3,8	10,98	10,3137	14,9923	0	36,438 4	4,0878
3,9	8,07	8,6721	13,989	27,196	43,517 5	2,1397
4,0	8,08	7,1304	13,0857	26,8026	44,709 5	1,2938
4,1	8,08	9,1302	15,7239	29,9621	45	3,9916
4,2	7,19	8,1859	15,4179	30,1638	44,745 7	3,7382
4,3	6,22	6,5442	14,4146	29,675	44,555 6	2,788
4,3	5,23	4,9026	13,4113	29,197	45	1,8403
4,4	3,27	3,2609	12,408	28,7287	45	0,8952
4,5	1,35	1,6192	11,4047	28,2695	45	0
4,6	1,35	0	10,4014	27,8188	45	0
4,7	1,35	0	9,4381	27,4158	44,784 2	0
4,8	1,26	0	9,8836	28,4287	45	0
4,8	6,22	0	9,7782	28,8898	45	0
4,9	8,17	5,7877	16,0932	35,9436	44,771 5	5,4423
5,0	7,20	5,5954	16,5394	37,1432	44,545 9	6,069
5,1	6,14	4,6522	16,2345	37,5919	44,342 9	5,8112
5,2	7,12	3,6896	15,2312	37,3422	44,821 6	4,8556
5,3	8,10	2,7996	14,2879	37,1524	44,602	3,9625

5,3	11,01	4,1527	15,5854	39,2035	44,384 8	5,3126
5,4	12,95	8,327	19,7076	44,0792	44,289 9	9,4838
5,5	14,92	8,8548	20,1943	45	45	10,0086
5,6	12,98	10,0524	21,3522	45	44,787 2	11,2033
5,7	13,97	9,1059	20,3689	44,7702	44,616 5	10,2538
5,8	13,97	8,8607	20,0845	45	45	10,0057
5,8	12,00	8,5963	19,7803	45	45	9,7383
5,9	11,03	7,6334	18,777	44,7502	45	8,7726
6,0	9,09	6,6731	17,7737	44,5005	45	7,8093
6,1	8,11	5,7352	16,7904	44,2707	45	6,8685
6,2	7,15	5,479	16,4863	44,7201	45	6,6093
6,2	6,17	4,5242	15,483	44,4703	45	5,6516
6,3	4,24	3,572	14,4797	44,2205	45	4,6964
6,4	6,20	2,7423	13,5964	44,0908	45	3,8637
6,5	6,20	6,1496	16,9479	45	45	7,2681
6,6	5,22	5,1931	15,9446	44,7502	45	6,3087
6,7	5,22	4,2791	14,9813	44,5405	45	5,3917
6,7	8,15	4,8179	15,4684	45	44,929	5,9276
6,8	13,03	6,1465	16,7467	45	45	7,2533
6,9	15,79	9,645	20,1984	45	45	10,749
7,0	18,71	12,3234	22,8391	45	45	13,4246
7,1	19,70	12,0905	22,5752	45	0	13,1889
7,2	20,61	12,6094	23,0626	45	0	13,705
7,2	22,55	13,8782	24,3011	45	0	14,971
7,3	22,57	15,8349	26,2307	45	0	16,925
7,4	22,57	16,3245	26,6982	45	0	17,4119
7,5	21,59	16,7929	27,1456	45	0	17,8776
7,6	20,61	16,549	26,882	45	0	17,631
7,7	20,61	16,9969	27,3095	45	0	18,0763
7,7	19,68	16,0329	26,3262	44,7702	0	17,1096
7,8	19,68	15,791	26,0626	45	0	16,865
7,9	0,00	16,2608	26,5102	45	0	17,3322
8,0	0,00	15,9984	26,2267	45	0	17,0671
Hora	Observado CB3 - hs (cm)	Calculado Inicial			0	
0,0	0,00	0	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0,0006	0
0,3	0,00	0	0	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0,0023	0,2212	0
0,5	0,00	0	0	0,0933	0,546	0
0,6	0,00	0	0	0	0,2483	0

0,7	0,00	0	0	0,2123	0,6831	0
0,8	0,00	0	0	0,6016	1,2752	0
0,8	2,45	3,7574	4,4675	6,0881	6,9558	3,7272
					11,003	
0,9	0,58	5,8733	7,1641	9,8788	2	5,7993
					10,696	
1,0	0,00	3,7029	5,5243	9,2946	7	3,5393
					11,091	
1,1	0,00	2,5221	4,7478	9,4401	6	1,9562
					10,802	
1,2	0,00	0,8804	3,3679	8,9155	7	0
1,3	0,00	0	2,078	0	0	0
1,3	0,00	0	0,8558	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	3,7746	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0	0
2,9	0,00	0	0	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0	0	4,1438

4,3	0,00	0	0	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0	2,5151	0
5,3	0,00	0	0	0	2,3869	0
5,3	0,00	0	0	0	2,2595	0
5,4	0,00	0	0	0	2,1327	2,3869
5,5	0,00	0	0	0	2,0067	2,2595
5,6	0,00	0	0	0	1,8813	2,1327
5,7	0,00	0	0	0	1,7566	2,0067
5,8	0,00	0	0	0	1,6325	1,8813
5,8	0,00	0	0	0	1,5091	1,7566
5,9	0,00	0	0	0	1,3863	1,6325
6,0	0,00	0	0	0	1,2641	1,5091
6,1	0,00	0	0	0	1,1425	1,3863
6,2	0,00	0	0	0	1,0215	1,2641
6,2	0,00	0	0	0	0,901	1,1425
6,3	0,00	0	0	0	0,781	1,0215
6,4	0,00	0	0	0	0,6617	0,901
6,5	0,00	0	0	0	0,5428	0,781
6,6	0,00	0	0	0	0,4245	0,6617
6,7	0,00	0	0	0	0,3066	0,5428
6,7	0,00	0	0	0	0,1893	0,4245
6,8	0,00	0	0	0	0,0724	0,3066
6,9	0,00	0	0	0	0	0,1893
7,0	0,00	0	0	0	0	0,0724
7,1	0,00	0	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0	0	0

15 CALIBRAÇÃO CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Camada	Parâmetro			
Superfície	Altura da Berna [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,05
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	246,25	147,75
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

R²

Alta	0,7694	0,8359	0,6090
Média	0,7983	0,7868	0,7261
0	0,3521	0,4381	0,2651
Todo	0,7848	0,8207	0,6825
Incremento Alta %	-	9%	-21%
Incremento Média %	-	-1%	-9%
Incremento Baixa %	-	24%	-25%
Incremento Todo %	-	5%	-13%

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	0,9746	2,0551
1,2	3,95	5,9002	4,9293	6,8994
1,3	2,02	3,6593	2,2698	5,1014
1,3	1,05	1,6309	0,5152	3,4766
1,4	2,06	0,0853	0	1,9601
1,5	0,00	0	0	0,6754
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,99	0	0	0
1,8	3,04	3,3326	2,9221	3,7841
1,9	10,78	4,0639	3,1882	4,8738
2,0	12,56	8,3367	7,0506	9,557
2,1	15,51	10,3765	8,68	12,0073
2,2	15,51	10,9145	8,8076	12,9557
2,3	13,59	9,9905	7,4732	12,4421
2,3	10,67	9,0668	6,139	11,9288
2,4	9,69	8,1232	4,7851	11,3957
2,5	10,68	6,4816	2,733	10,1644
2,6	6,81	4,8399	0,6809	8,9332
2,7	5,85	3,1982	0	7,7019
2,8	3,89	1,5566	0	6,4707
2,8	2,93	0	0	5,2394
2,9	0,92	0	0	4,0282
3,0	8,72	0	0	3,6752
3,1	28,89	5,2457	4,7766	9,3515
3,2	45,00	17,2319	16,3842	21,7481
3,3	45,00	34,2561	32,998	39,1827
3,3	45,00	45	45	45
3,4	45,00	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45

3,6	45,00	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	43,7471	44,5679
3,8	44,02	45	45	45
3,8	43,03	45	45	45
3,9	40,12	44,8888	44,4784	45
4,0	38,18	45	45	45
4,1	37,23	44,0978	43,6873	44,5082
4,2	33,40	43,9067	43,0858	44,7275
4,3	31,46	42,9645	41,7333	44,1958
4,3	30,50	41,3228	39,6812	42,9645
4,4	27,58	39,6812	37,6291	41,7333
4,5	25,62	38,0395	35,577	40,502
4,6	22,70	36,3978	33,5249	39,2708
4,7	22,78	34,7562	31,4728	38,0395
4,8	17,91	33,1145	29,4208	36,8083
4,8	17,91	31,4728	27,3687	35,577
4,9	15,95	29,8312	25,3166	34,3458
5,0	14,01	28,1895	23,2645	33,1145
5,1	12,05	26,5478	21,2124	31,8833
5,2	11,07	24,9062	19,1603	30,652
5,3	8,16	23,2645	17,1083	29,4208
5,3	7,18	21,6228	15,0562	28,1895
5,4	5,21	19,9812	13,0041	26,9583
5,5	4,24	18,3395	10,952	25,727
5,6	3,34	16,7178	8,9199	24,5158
5,7	1,39	15,7957	7,5874	24,004
5,8	0,41	14,8936	6,2749	23,5124
5,8	0,41	14,6827	5,6535	23,7119
5,9	1,38	13,081	3,6414	22,5206
6,0	3,39	12,9901	3,1549	22,8401
6,1	4,46	15,7038	5,4582	25,9642
6,2	7,47	14,1621	3,5061	24,833
6,2	10,47	16,2047	5,1382	27,2859
6,3	9,51	16,745	5,2681	28,2367
6,4	9,56	15,8231	3,9358	27,7252
6,5	7,71	14,8812	2,5835	27,1937
6,6	7,69	13,2395	0,5314	25,9624
6,7	3,81	11,5978	0	24,7312
6,7	2,83	9,9562	0	23,4999
6,8	2,81	8,3145	0	22,2687
6,9	2,85	6,6728	0	21,0374
7,0	0,00	5,0312	0	19,8062
7,1	0,00	3,3895	0	18,5749
7,2	0,00	1,7478	0	17,3437
7,2	0,00	0,1062	0	16,1124
7,3	0,00	0	0	14,8812

7,4	0,00	0	0	13,6499
7,5	0,00	0	0	12,4187
7,6	0,00	0	0	11,1874
7,7	0,00	0	0	9,9562
7,7	0,00	0	0	8,7249
7,8	0,00	0	0	7,4937
7,9	0,00	0	0	6,2624
8,0	0,00	0	0	5,0312
	Observado CM3 -	Calculado		
Hora	hs (cm)	Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	0,9686	2,0342
2,8	29,44	7,7178	6,7869	8,735
2,8	32,30	25,086	23,7231	26,5565
2,9	32,26	25,4822	24,8775	27,1363

3,0	31,30	26,7304	25,7153	28,2269
3,1	27,42	25,0887	23,6632	26,9956
3,2	25,49	23,4471	21,6111	25,7644
3,3	24,53	21,8054	19,5591	24,5331
3,3	22,59	20,1637	17,507	23,3019
3,4	19,74	18,5221	15,4549	22,0706
3,5	17,82	16,8804	13,4028	20,8394
3,6	14,89	15,2387	11,3507	19,6081
3,7	11,97	13,5971	9,2986	18,3769
3,8	11,96	11,9554	7,2466	17,1456
3,8	10,98	10,3137	5,1945	15,9144
3,9	8,07	8,6721	3,1424	14,6831
4,0	8,08	7,1304	1,1903	13,5519
4,1	8,08	9,1302	2,7797	15,9621
4,2	7,19	8,1859	1,425	15,4282
4,3	6,22	6,5442	0	14,197
4,3	5,23	4,9026	0	12,9657
4,4	3,27	3,2609	0	11,7345
4,5	1,35	1,6192	0	10,5032
4,6	1,35	0	0	9,272
4,7	1,35	0	0	8,0807
4,8	1,26	0	0	8,2983
4,8	6,22	0	0	7,9649
4,9	8,17	5,7877	5,5138	14,052
5,0	7,20	5,5954	4,9111	14,2701
5,1	6,14	4,6522	3,5575	13,7373
5,2	7,12	3,6896	2,3338	12,5061
5,3	8,10	2,7996	1,4474	11,3348
5,3	11,01	4,1527	2,8042	12,4044
5,4	12,95	8,327	6,982	16,2987
5,5	14,92	8,8548	7,5132	16,5574
5,6	12,98	10,0524	8,7144	17,4873
5,7	13,97	9,1059	7,7712	16,276
5,8	13,97	8,8607	7,5295	15,7638
5,8	12,00	8,5963	7,2685	15,2316
5,9	11,03	7,6334	6,3091	14,0004
6,0	9,09	6,6731	5,3522	12,7691
6,1	8,11	5,7352	4,4178	11,5579
6,2	7,15	5,479	4,165	11,0257
6,2	6,17	4,5242	3,2137	9,7945
6,3	4,24	3,572	2,2649	8,5708
6,4	6,20	2,7423	1,4386	7,728
6,5	6,20	6,1496	4,8494	11,1223
6,6	5,22	5,1931	3,8964	10,153
6,7	5,22	4,2791	2,9858	9,2262
6,7	8,15	4,8179	3,528	9,7521

6,8	13,03	6,1465	4,86	11,0679
6,9	15,79	9,645	8,3619	14,5538
7,0	18,71	12,3234	11,0436	17,2198
7,1	19,70	12,0905	10,8139	16,9747
7,2	20,61	12,6094	11,3361	17,4813
7,2	22,55	13,8782	12,608	18,7379
7,3	22,57	15,8349	14,5679	20,6826
7,4	22,57	16,3245	15,0607	21,1602
7,5	21,59	16,7929	15,5322	21,6168
7,6	20,61	16,549	15,2915	21,3611
7,7	20,61	16,9969	15,7425	21,7972
7,7	19,68	16,0329	14,7816	20,8215
7,8	19,68	15,791	14,5428	20,5678
7,9	0,00	16,2608	15,0158	21,0259
8,0	0,00	15,9984	14,7565	20,7518
	Observado CB3 - hs	Calculado		
Hora	(cm)	Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	2,45	3,7574	3,244	4,2801
0,9	0,58	5,8733	4,9069	6,8742
1,0	0,00	3,7029	2,3163	5,1483
1,1	0,00	2,5221	1,1202	4,2465
1,2	0,00	0,8804	0	2,7249
1,3	0,00	0	0	1,5075
1,3	0,00	0	0	0,2762
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0

2,4	0,00	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0
2,9	0,00	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,4	0,00	0	0	0
5,5	0,00	0	0	0
5,6	0,00	0	0	0
5,7	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,9	0,00	0	0	0
6,0	0,00	0	0	0
6,1	0,00	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0

6,2	0,00	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0
6,4	0,00	0	0	0
6,6	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,8	0,00	0	0	0
6,9	0,00	0	0	0
7,0	0,00	0	0	0
7,1	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0

16 CALIBRAÇÃO POROSIDADE

Camada	Parâmetro			
Superfície	Altura da Berna [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,3875	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,076	0,076
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,05	0,05
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

R²

Alta	0,7694	0,7694	0,7696
Média	0,7983	0,7867	0,7982
Baixa	0,3521	0,3836	0,2812
Todo	0,7848	0,7638	0,7985
Incremento Alta %	-	-0,01%	0,02%
Incremento Média %	-	-1,45%	-0,01%
Incremento Baixa %	-	8,94%	-20,12%

Incremento Todo				
%		-	-2,68%	1,74%
HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0,0035	0,1798
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	1,331	1,6964
1,2	3,95	5,9002	5,6033	6,2153
1,3	2,02	3,6593	3,2312	4,4703
1,3	1,05	1,6309	1,1286	2,8286
1,4	2,06	0,0853	0	1,187
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,99	0	0	0
1,8	3,04	3,3326	3,2806	3,3886
1,9	10,78	4,0639	4,0608	4,0852
2,0	12,56	8,3367	8,3336	8,358
2,1	15,51	10,3765	10,3735	10,3979
2,2	15,51	10,9145	10,9115	10,9358
2,3	13,59	9,9905	9,9875	10,0119
2,3	10,67	9,0668	9,0637	9,0881
2,4	9,69	8,1232	8,1202	8,1446
2,5	10,68	6,4816	6,4785	6,5029
2,6	6,81	4,8399	4,8369	4,8612
2,7	5,85	3,1982	3,1952	3,2196
2,8	3,89	1,5566	1,5535	1,5779
2,8	2,93	0	0	0
2,9	0,92	0	0	0
3,0	8,72	0	0	0
3,1	28,89	5,2457	5,2461	5,243
3,2	45,00	17,2319	17,2323	17,2291
3,3	45,00	34,2561	34,2565	34,2534
3,3	45,00	45	45	45

3,4	45,00	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45
3,6	45,00	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	44,1575	44,1575
3,8	44,02	45	45	45
3,8	43,03	45	45	45
3,9	40,12	44,8888	44,8888	44,8888
4,0	38,18	45	45	45
4,1	37,23	44,0978	44,0978	44,0978
4,2	33,40	43,9067	43,9067	43,9067
4,3	31,46	42,9645	42,9645	42,9645
4,3	30,50	41,3228	41,3228	41,3228
4,4	27,58	39,6812	39,6812	39,6812
4,5	25,62	38,0395	38,0395	38,0395
4,6	22,70	36,3978	36,3978	36,3978
4,7	22,78	34,7562	34,7562	34,7562
4,8	17,91	33,1145	33,1145	33,1145
4,8	17,91	31,4728	31,4728	31,4728
4,9	15,95	29,8312	29,8312	29,8312
5,0	14,01	28,1895	28,1895	28,1895
5,1	12,05	26,5478	26,5478	26,5478
5,2	11,07	24,9062	24,9062	24,9062
5,3	8,16	23,2645	23,2645	23,2645
5,3	7,18	21,6228	21,6228	21,6228
5,4	5,21	19,9812	19,9812	19,9812
5,5	4,24	18,3395	18,3395	18,3395
5,6	3,34	16,7178	16,7178	16,7178
5,7	1,39	15,7957	15,7957	15,7957
5,8	0,41	14,8936	14,8936	14,8936
5,8	0,41	14,6827	14,6827	14,6827
5,9	1,38	13,081	13,081	13,081
6,0	3,39	12,9901	12,9901	12,9901
6,1	4,46	15,7038	15,7038	15,7038
6,2	7,47	14,1621	14,1621	14,1621
6,2	10,47	16,2047	16,2047	16,2047
6,3	9,51	16,745	16,745	16,745
6,4	9,56	15,8231	15,8231	15,8231
6,5	7,71	14,8812	14,8812	14,8812
6,6	7,69	13,2395	13,2395	13,2395
6,7	3,81	11,5978	11,5978	11,5978
6,7	2,83	9,9562	9,9562	9,9562
6,8	2,81	8,3145	8,3145	8,3145
6,9	2,85	6,6728	6,6728	6,6728
7,0	0,00	5,0312	5,0312	5,0312
7,1	0,00	3,3895	3,3895	3,3895
7,2	0,00	1,7478	1,7478	1,7478

7,2	0,00	0,1062	0,1062	0,1062
7,3	0,00	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0
	Observado CM3 -	Calculado		
Hora	hs (cm)	Inicial	0.3875	0.2325
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	1,1984	1,8042
2,8	29,44	7,7178	7,3102	8,2248

2,8	32,30	25,086	24,501	25,8229
2,9	32,26	25,4822	24,2694	27,1505
3,0	31,30	26,7304	24,8375	28,3987
3,1	27,42	25,0887	23,1958	26,7571
3,2	25,49	23,4471	21,5541	25,1154
3,3	24,53	21,8054	19,9125	23,4737
3,3	22,59	20,1637	18,2708	21,8321
3,4	19,74	18,5221	16,6291	20,1904
3,5	17,82	16,8804	14,9875	18,5487
3,6	14,89	15,2387	13,3458	16,9071
3,7	11,97	13,5971	11,7041	15,2654
3,8	11,96	11,9554	10,0625	13,6237
3,8	10,98	10,3137	8,4208	11,9821
3,9	8,07	8,6721	6,7791	10,3404
4,0	8,08	7,1304	5,2375	8,7987
4,1	8,08	9,1302	7,2373	10,7986
4,2	7,19	8,1859	6,293	9,8542
4,3	6,22	6,5442	4,6513	8,2126
4,3	5,23	4,9026	3,0096	6,5709
4,4	3,27	3,2609	1,368	4,9292
4,5	1,35	1,6192	0	3,2876
4,6	1,35	0	0	1,6459
4,7	1,35	0	0	0,0442
4,8	1,26	0	0	0
4,8	6,22	0	0	0
4,9	8,17	5,7877	5,7841	6,2474
5,0	7,20	5,5954	5,5919	6,7401
5,1	6,14	4,6522	4,6487	6,4805
5,2	7,12	3,6896	3,007	5,5232
5,3	8,10	2,7996	1,4253	4,6283
5,3	11,01	4,1527	2,0845	5,9766
5,4	12,95	8,327	6,2142	10,1461
5,5	14,92	8,8548	6,7475	10,6692
5,6	12,98	10,0524	7,9506	11,8623
5,7	13,97	9,1059	7,0094	10,9111
5,8	13,97	8,8607	6,7697	10,6613
5,8	12,00	8,5963	6,5106	10,3923
5,9	11,03	7,6334	5,5532	9,4248
6,0	9,09	6,6731	4,5983	8,4599
6,1	8,11	5,7352	3,6658	7,5174
6,2	7,15	5,479	3,415	7,2565
6,2	6,17	4,5242	2,4657	6,2971
6,3	4,24	3,572	1,5189	5,3402
6,4	6,20	2,7423	0,6946	4,5059
6,5	6,20	6,1496	4,1074	7,9085
6,6	5,22	5,1931	3,1563	6,9475

6,7	5,22	4,2791	2,2476	6,0289
6,7	8,15	4,8179	2,7918	6,5631
6,8	13,03	6,1465	4,1257	7,8871
6,9	15,79	9,645	7,6296	11,3812
7,0	18,71	12,3234	10,3132	14,0551
7,1	19,70	12,0905	10,0854	13,8179
7,2	20,61	12,6094	10,6094	14,3324
7,2	22,55	13,8782	11,8832	15,5968
7,3	22,57	15,8349	13,8449	17,5493
7,4	22,57	16,3245	14,3395	18,0346
7,5	21,59	16,7929	14,8128	18,4988
7,6	20,61	16,549	14,5739	18,2507
7,7	20,61	16,9969	15,0267	18,6944
7,7	19,68	16,0329	14,0676	17,7262
7,8	19,68	15,791	13,8306	17,4801
7,9	0,00	16,2608	14,3053	17,9458
8,0	0,00	15,9984	14,0478	17,6792
	Observado CB3 -	Calculado		
Hora	hs (cm)	Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	2,45	3,7574	3,6083	3,9107
0,9	0,58	5,8733	5,5823	6,1827
1,0	0,00	3,7029	3,2916	4,6732
1,1	0,00	2,5221	1,9121	3,7285
1,2	0,00	0,8804	0	2,0869
1,3	0,00	0	0	0,4452
1,3	0,00	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0

2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0
2,8	0,00	ita0	0	0
2,9	0,00	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,4	0,00	0	0	0
5,5	0,00	0	0	0
5,6	0,00	0	0	0
5,7	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,9	0,00	0	0	0
6,0	0,00	0	0	0

6,1	0,00	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0
6,4	0,00	0	0	0
6,6	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,8	0,00	0	0	0
6,9	0,00	0	0	0
7,0	0,00	0	0	0
7,1	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0

17 CALIBRAÇÃO CAPACIDADE DE CAMPO

Camada	Parâmetro				
Superfície	Altura da Berna [mm]	450	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,31	0,31	0,31
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,095	0,057	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,039	0,020	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	197	197	197
	Tangente Declividade	42,8	42,8	42,8	42,8
	Carga de Sucção [mm]	59	59	59	40,220
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120	120

R²

Alta	0,7694	0,7694	0,7693	0,7692
Média	0,7983	0,7979	0,7934	0,7978
Baixa	0,3521	0,3599	0,3664	0,3599
Todo	0,7848	0,7810	0,7773	0,7806
Incremento Alta %	-	0,0%	0,0%	0,0%
Incremento Média %	-	-0,1%	-0,6%	-0,1%
Incremento Baixa %	-	2,2%	4,1%	2,2%
Incremento Todo %	-	-0,5%	-1,0%	-0,5%

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial			
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0,0435	0,0273	0,0435
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	1,4859	1,4414	1,4859
1,2	3,95	5,9002	5,857	5,7832	5,857
1,3	2,02	3,6593	3,5965	3,4896	3,5965
1,3	1,05	1,6309	1,5568	1,431	1,5568
1,4	2,06	0,0853	0,0317	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0
1,8	0,99	0	0	0	0
1,8	3,04	3,3326	3,3248	3,3118	3,3242
1,9	10,78	4,0639	4,0585	4,032	4,0714
2,0	12,56	8,3367	8,3313	8,3048	8,3442
2,1	15,51	10,3765	10,3711	10,3447	10,3841
2,2	15,51	10,9145	10,9091	10,8827	10,922
2,3	13,59	9,9905	9,9851	9,9587	9,9981
2,3	10,67	9,0668	9,0614	9,0349	9,0743
2,4	9,69	8,1232	8,1178	8,0914	8,1308
2,5	10,68	6,4816	6,4762	6,4497	6,4891
2,6	6,81	4,8399	4,8345	4,8081	4,8474
2,7	5,85	3,1982	3,1928	3,1664	3,2058
2,8	3,89	1,5566	1,5512	1,5247	1,5641
2,8	2,93	0	0	0	0
2,9	0,92	0	0	0	0
3,0	8,72	0	0	0	0
3,1	28,89	5,2457	5,2464	5,2495	5,1998
3,2	45,00	17,2319	17,2326	17,2356	17,1906
3,3	45,00	34,2561	34,2568	34,2599	34,2148
3,3	45,00	45	45	45	45
3,4	45,00	45	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45	45

3,6	45,00	45	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	44,1575	44,1575	44,1575
3,8	44,02	45	45	45	45
3,8	43,03	45	45	45	45
3,9	40,12	44,8888	44,8888	44,8888	44,8888
4,0	38,18	45	45	45	45
4,1	37,23	44,0978	44,0978	44,0978	44,0978
4,2	33,40	43,9067	43,9067	43,9067	43,9067
4,3	31,46	42,9645	42,9645	42,9645	42,9645
4,3	30,50	41,3228	41,3228	41,3228	41,3228
4,4	27,58	39,6812	39,6812	39,6812	39,6812
4,5	25,62	38,0395	38,0395	38,0395	38,0395
4,6	22,70	36,3978	36,3978	36,3978	36,3978
4,7	22,78	34,7562	34,7562	34,7562	34,7562
4,8	17,91	33,1145	33,1145	33,1145	33,1145
4,8	17,91	31,4728	31,4728	31,4728	31,4728
4,9	15,95	29,8312	29,8312	29,8312	29,8312
5,0	14,01	28,1895	28,1895	28,1895	28,1895
5,1	12,05	26,5478	26,5478	26,5478	26,5478
5,2	11,07	24,9062	24,9062	24,9062	24,9062
5,3	8,16	23,2645	23,2645	23,2645	23,2645
5,3	7,18	21,6228	21,6228	21,6228	21,6228
5,4	5,21	19,9812	19,9812	19,9812	19,9812
5,5	4,24	18,3395	18,3395	18,3395	18,3395
5,6	3,34	16,7178	16,7178	16,7178	16,7178
5,7	1,39	15,7957	15,7957	15,7957	15,7957
5,8	0,41	14,8936	14,8936	14,8936	14,8936
5,8	0,41	14,6827	14,6827	14,6827	14,6827
5,9	1,38	13,081	13,081	13,081	13,081
6,0	3,39	12,9901	12,9901	12,9901	12,9901
6,1	4,46	15,7038	15,7038	15,7038	15,7038
6,2	7,47	14,1621	14,1621	14,1621	14,1621
6,2	10,47	16,2047	16,2047	16,2047	16,2047
6,3	9,51	16,745	16,745	16,745	16,745
6,4	9,56	15,8231	15,8231	15,8231	15,8231
6,5	7,71	14,8812	14,8812	14,8812	14,8812
6,7	3,81	11,5978	11,5978	11,5978	11,5978
6,7	2,83	9,9562	9,9562	9,9562	9,9562
6,8	2,81	8,3145	8,3145	8,3145	8,3145
6,9	2,85	6,6728	6,6728	6,6728	6,6728
7,0	0,00	5,0312	5,0312	5,0312	5,0312
7,1	0,00	3,3895	3,3895	3,3895	3,3895
7,2	0,00	1,7478	1,7478	1,7478	1,7478
7,2	0,00	0,1062	0,1062	0,1062	0,1062
7,3	0,00	0	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0	0

7,5	0,00	0	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0	0
	Observado CM3 -	Calculado			
Hora	hs (cm)	Inicial			
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	1,424	1,3553	1,424
2,8	29,44	7,7178	7,655	7,5507	7,655
2,8	32,30	25,086	24,9964	24,8472	24,9964
2,9	32,26	25,4822	25,0483	24,7946	25,0243
3,0	31,30	26,7304	26,2965	26,1623	26,2725

3,1	27,42	25,0887	24,6548	24,5206	24,6308
3,2	25,49	23,4471	23,0131	22,8789	22,9892
3,3	24,53	21,8054	21,3715	21,2373	21,3475
3,3	22,59	20,1637	19,7298	19,5956	19,7058
3,4	19,74	18,5221	18,0881	17,9539	18,0642
3,5	17,82	16,8804	16,4465	16,3123	16,4225
3,6	14,89	15,2387	14,8048	14,6706	14,7808
3,7	11,97	13,5971	13,1631	13,0289	13,1392
3,8	11,96	11,9554	11,5215	11,3873	11,4975
3,8	10,98	10,3137	9,8798	9,7456	9,8558
3,9	8,07	8,6721	8,2381	8,1039	8,2142
4,0	8,08	7,1304	6,6965	6,5623	6,6725
4,1	8,08	9,1302	8,6963	8,5621	8,6723
4,2	7,19	8,1859	7,752	7,6178	7,728
4,3	6,22	6,5442	6,1103	5,9761	6,0864
4,3	5,23	4,9026	4,4687	4,3344	4,4447
4,4	3,27	3,2609	2,827	2,6928	2,803
4,5	1,35	1,6192	1,1853	1,0511	1,1614
4,6	1,35	0	0	0	0
4,7	1,35	0	0	0	0
4,8	1,26	0	0	0	0
4,8	6,22	0	0	0	0
4,9	8,17	5,7877	5,7876	5,7877	5,7498
5,0	7,20	5,5954	5,5954	5,5954	5,5575
5,1	6,14	4,6522	4,6522	4,6522	4,6143
5,2	7,12	3,6896	3,2828	3,0105	3,258
5,3	8,10	2,7996	2,3938	1,9521	2,3691
5,3	11,01	4,1527	3,7481	3,3075	3,7234
5,4	12,95	8,327	7,9234	7,4839	7,8988
5,5	14,92	8,8548	8,4522	8,0139	8,4277
5,6	12,98	10,0524	9,6509	9,2138	9,6265
5,7	13,97	9,1059	8,7054	8,2693	8,681
5,8	13,97	8,8607	8,4613	8,0263	8,4369
5,8	12,00	8,5963	8,1978	7,7641	8,1736
5,9	11,03	7,6334	7,236	6,8034	7,2119
6,0	9,09	6,6731	6,2767	5,8452	6,2526
6,1	8,11	5,7352	5,3399	4,9095	5,3158
6,2	7,15	5,479	5,0847	4,6554	5,0607
6,2	6,17	4,5242	4,131	3,7028	4,107
6,3	4,24	3,572	3,1797	2,7527	3,1559
6,4	6,20	2,7423	2,3511	1,9251	2,3272
6,5	6,20	6,1496	5,7594	5,3347	5,7357
6,6	5,22	5,1931	4,804	4,3803	4,7803
6,7	5,22	4,2791	3,891	3,4684	3,8674
6,7	8,15	4,8179	4,4308	4,0094	4,4072
6,8	13,03	6,1465	5,7604	5,3401	5,7369

6,9	15,79	9,645	9,2599	8,8407	9,2365
7,0	18,71	12,3234	11,9393	11,5212	11,916
7,1	19,70	12,0905	11,7074	11,2903	11,6841
7,2	20,61	12,6094	12,2273	11,8112	12,204
7,2	22,55	13,8782	13,497	13,082	13,4738
7,3	22,57	15,8349	15,4547	15,0407	15,4315
7,4	22,57	16,3245	15,9452	15,5323	15,9221
7,5	21,59	16,7929	16,4145	16,0027	16,3915
7,6	20,61	16,549	16,1716	15,7608	16,1487
7,7	20,61	16,9969	16,6205	16,2106	16,5976
7,7	19,68	16,0329	15,6574	15,2486	15,6345
7,8	19,68	15,791	15,4164	15,0086	15,3936
7,9	0,00	16,2608	15,8872	15,4804	15,8644
8,0	0,00	15,9984	15,6257	15,2199	15,603
	Observado CB3 -	Calculado			
Hora	hs (cm)	Inicial			
0,0	0,00	0	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0	0
0,8	2,45	3,7574	3,736	3,6992	3,736
0,9	0,58	5,8733	5,8309	5,7585	5,8309
1,0	0,00	3,7029	3,6425	3,5398	3,6425
1,1	0,00	2,5221	2,3232	2,2024	2,3232
1,2	0,00	0,8804	0,7473	0,6547	0,7461
1,3	0,00	0	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0	0

2,5	0,00	0	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0	0
2,9	0,00	0	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0	0
5,4	0,00	0	0	0	0
5,5	0,00	0	0	0	0
5,6	0,00	0	0	0	0
5,7	0,00	0	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0	0
5,9	0,00	0	0	0	0
6,0	0,00	0	0	0	0
6,1	0,00	0	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0	0

6,3	0,00	0	0	0	0
6,4	0,00	0	0	0	0
6,6	0,00	0	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0	0
6,8	0,00	0	0	0	0
6,9	0,00	0	0	0	0
7,0	0,00	0	0	0	0
7,1	0,00	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0	0

19 CALIBRAÇÃO GERAL

Camada	Parâmetro			
Superfície	altura da Berna [mm]	450	450	450
	Volume de Vegetação [fração]	0	0	0
	Rugosidade da Superfície	0	0	0
	Declividade da Superfície [%]	0	0	0
Solo	Espessura [mm]	450	450	450
	Porosidade [fração]	0,31	0,2325	0,25575
	Capacidade de Campo [fração]	0,076	0,095	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,05	0,039	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	197	246,25	221,625
	Tangente Declividade	42,8	60	43,8
	Carga de Sucção [mm]	59	37,45	38,73
Armaz.	Espessura [mm]	580	580	580
	Volume de Vazios	0,664	0,664	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54	54	54
	Fator de Colmatação	0	0	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5	0,5	0,5
	Offset [mm]	120	120	120

R²

Alta	0,7694	0,8400	0,8178
Média	0,7983	0,8057	0,8092
Baixa	0,3521	0,3464	0,3310
Todo	0,7848	0,8392	0,8279
Incremento Alta %	-	9%	6%
Incremento Média %	-	1%	1%
Incremento Baixa %	-	-2%	-6%
Incremento Todo %	-	7%	5%

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0,0548	0,0599	0,1324
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	2,97	1,5118	1,3674	1,5493
1,2	3,95	5,9002	5,5409	5,892
1,3	2,02	3,6593	4,0183	3,5826
1,3	1,05	1,6309	1,9663	1,8305
1,4	2,06	0,0853	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,99	0	0	0
1,8	3,04	3,3326	3,3876	3,4712
1,9	10,78	4,0639	3,6537	3,9425
2,0	12,56	8,3367	7,516	8,0101
2,1	15,51	10,3765	9,1455	9,8447
2,2	15,51	10,9145	9,2731	10,1775
2,3	13,59	9,9905	7,9386	9,0483
2,3	10,67	9,0668	6,6045	7,9193
2,4	9,69	8,1232	5,2505	6,7706
2,5	10,68	6,4816	3,1984	4,9237
2,6	6,81	4,8399	1,1464	3,0768
2,7	5,85	3,1982	0	1,23
2,8	3,89	1,5566	0	0
2,8	2,93	0	0	0
2,9	0,92	0	0	0
3,0	8,72	0	0	0
3,1	28,89	5,2457	5,279	5,4204
3,2	45,00	17,2319	16,8548	17,2014
3,3	45,00	34,2561	33,4686	34,0204
3,3	45,00	45	45	45
3,4	45,00	45	45	45
3,5	45,00	45	45	45

3,6	45,00	45	45	45
3,7	45,00	44,1575	43,7471	43,9523
3,8	44,02	45	45	45
3,8	43,03	45	45	45
3,9	40,12	44,8888	44,4784	44,6836
4,0	38,18	45	45	45
4,1	37,23	44,0978	43,6873	43,8925
4,2	33,40	43,9067	43,0858	43,4963
4,3	31,46	42,9645	41,7333	42,3489
4,3	30,50	41,3228	39,6812	40,502
4,4	27,58	39,6812	37,6291	38,6551
4,5	25,62	38,0395	35,577	36,8083
4,6	22,70	36,3978	33,5249	34,9614
4,7	22,78	34,7562	31,4728	33,1145
4,8	17,91	33,1145	29,4208	31,2676
4,8	17,91	31,4728	27,3687	29,4208
4,9	15,95	29,8312	25,3166	27,5739
5,0	14,01	28,1895	23,2645	25,727
5,1	12,05	26,5478	21,2124	23,8801
5,2	11,07	24,9062	19,1603	22,0333
5,3	8,16	23,2645	17,1083	20,1864
5,3	7,18	21,6228	15,0562	18,3395
5,4	5,21	19,9812	13,0041	16,4926
5,5	4,24	18,3395	10,952	14,6458
5,6	3,34	16,7178	8,9199	12,8189
5,7	1,39	15,7957	7,5874	11,6915
5,8	0,41	14,8936	6,2749	10,5842
5,8	0,41	14,6827	5,6535	10,1681
5,9	1,38	13,081	3,6414	8,3612
6,0	3,39	12,9901	3,2692	8,0651
6,1	4,46	15,7038	5,5724	10,5736
6,2	7,47	14,1621	3,6203	8,8267
6,2	10,47	16,2047	5,2525	10,6641
6,3	9,51	16,745	5,3824	10,9992
6,4	9,56	15,8231	4,05	9,872
6,5	7,71	14,8812	2,6977	8,7249
6,7	3,81	11,5978	0	5,0312
6,7	2,83	9,9562	0	3,1843
6,8	2,81	8,3145	0	1,3374
6,9	2,85	6,6728	0	0
7,0	0,00	5,0312	0	0
7,1	0,00	3,3895	0	0
7,2	0,00	1,7478	0	0
7,2	0,00	0,1062	0	0
7,3	0,00	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0

7,5	0,00	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0
	Observado CM3 -	Calculado		
Hora	hs (cm)	Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,9	0,00	0	0	0
1,0	0,00	0	0	0
1,1	0,00	0	0	0
1,2	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0
2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	11,36	1,4655	1,5528	1,6833
2,8	29,44	7,7178	7,6219	7,9071
2,8	32,30	25,086	25,4786	25,2142
2,9	32,26	25,4822	26,3957	26,7536
3,0	31,30	26,7304	27,2335	27,7967

3,1	27,42	25,0887	25,1815	25,9498
3,2	25,49	23,4471	23,1294	24,1029
3,3	24,53	21,8054	21,0773	22,256
3,3	22,59	20,1637	19,0252	20,4092
3,4	19,74	18,5221	16,9731	18,5623
3,5	17,82	16,8804	14,921	16,7154
3,6	14,89	15,2387	12,869	14,8685
3,7	11,97	13,5971	10,8169	13,0217
3,8	11,96	11,9554	8,7648	11,1748
3,8	10,98	10,3137	6,7127	9,3279
3,9	8,07	8,6721	4,6606	7,481
4,0	8,08	7,1304	2,7085	5,7342
4,1	8,08	9,1302	4,298	7,5288
4,2	7,19	8,1859	2,9432	6,3793
4,3	6,22	6,5442	1,7703	4,5324
4,3	5,23	4,9026	0,8254	2,6855
4,4	3,27	3,2609	0	0,8386
4,5	1,35	1,6192	0	0
4,6	1,35	0	0	0
4,7	1,35	0	0	0
4,8	1,26	0	0	0
4,8	6,22	0	0	0
4,9	8,17	5,7877	5,8055	5,8855
5,0	7,20	5,5954	5,2405	5,488
5,1	6,14	4,6522	4,9848	5,3394
5,2	7,12	3,6896	4,0313	4,385
5,3	8,10	2,7996	3,1404	3,4932
5,3	11,01	4,1527	4,4927	4,8445
5,4	12,95	8,327	8,666	9,0169
5,5	14,92	8,8548	9,1929	9,5429
5,6	12,98	10,0524	10,3897	10,7388
5,7	13,97	9,1059	9,4423	9,7905
5,8	13,97	8,8607	9,1963	9,5436
5,8	12,00	8,5963	8,931	9,2774
5,9	11,03	7,6334	7,9673	8,3128
6,0	9,09	6,6731	7,0061	7,3507
6,1	8,11	5,7352	6,0674	6,4111
6,2	7,15	5,479	5,8102	6,1531
6,2	6,17	4,5242	4,8546	5,1966
6,3	4,24	3,572	3,9015	4,2426
6,4	6,20	2,7423	3,0709	3,4111
6,5	6,20	6,1496	6,4774	6,8166
6,6	5,22	5,1931	5,52	5,8584
6,7	5,22	4,2791	4,6052	4,9427
6,7	8,15	4,8179	5,1431	5,4797
6,8	13,03	6,1465	6,4708	6,8066

6,9	15,79	9,645	9,9685	10,3034
7,0	18,71	12,3234	12,6461	12,9801
7,1	19,70	12,0905	12,4124	12,7456
7,2	20,61	12,6094	12,9305	13,2628
7,2	22,55	13,8782	14,1984	14,5299
7,3	22,57	15,8349	16,1543	16,485
7,4	22,57	16,3245	16,6431	16,973
7,5	21,59	16,7929	17,1107	17,4398
7,6	20,61	16,549	16,8661	17,1943
7,7	20,61	16,9969	17,3132	17,6406
7,7	19,68	16,0329	16,3484	16,675
7,8	19,68	15,791	16,1057	16,4315
7,9	0,00	16,2608	16,5748	16,8998
8,0	0,00	15,9984	16,3116	16,6358
	Observado CB3 - hs	Calculado		
Hora	(cm)	Inicial		
0,0	0,00	0	0	0
0,1	0,00	0	0	0
0,2	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,3	0,00	0	0	0
0,4	0,00	0	0	0
0,5	0,00	0	0	0
0,6	0,00	0	0	0
0,7	0,00	0	0	0
0,8	0,00	0	0	0
0,8	2,45	3,7574	3,5706	3,7571
0,9	0,58	5,8733	5,4681	5,823
1,0	0,00	3,7029	3,7843	4,0117
1,1	0,00	2,5221	2,4292	2,8618
1,2	0,00	0,8804	0,3771	1,015
1,3	0,00	0	0	0
1,3	0,00	0	0	0
1,4	0,00	0	0	0
1,5	0,00	0	0	0
1,6	0,00	0	0	0
1,7	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,8	0,00	0	0	0
1,9	0,00	0	0	0
2,0	0,00	0	0	0
2,1	0,00	0	0	0
2,2	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,3	0,00	0	0	0
2,4	0,00	0	0	0

2,5	0,00	0	0	0
2,6	0,00	0	0	0
2,7	0,00	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0
2,8	0,00	0	0	0
2,9	0,00	0	0	0
3,0	0,00	0	0	0
3,1	0,00	0	0	0
3,2	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,3	0,00	0	0	0
3,4	0,00	0	0	0
3,5	0,00	0	0	0
3,6	0,00	0	0	0
3,7	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,8	0,00	0	0	0
3,9	0,00	0	0	0
4,0	0,00	0	0	0
4,1	0,00	0	0	0
4,2	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,3	0,00	0	0	0
4,4	0,00	0	0	0
4,5	0,00	0	0	0
4,6	0,00	0	0	0
4,7	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,8	0,00	0	0	0
4,9	0,00	0	0	0
5,0	0,00	0	0	0
5,1	0,00	0	0	0
5,2	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,3	0,00	0	0	0
5,4	0,00	0	0	0
5,5	0,00	0	0	0
5,6	0,00	0	0	0
5,7	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,8	0,00	0	0	0
5,9	0,00	0	0	0
6,0	0,00	0	0	0
6,1	0,00	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0
6,2	0,00	0	0	0

6,3	0,00	0	0	0
6,4	0,00	0	0	0
6,6	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,7	0,00	0	0	0
6,8	0,00	0	0	0
6,9	0,00	0	0	0
7,0	0,00	0	0	0
7,1	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,2	0,00	0	0	0
7,3	0,00	0	0	0
7,4	0,00	0	0	0
7,5	0,00	0	0	0
7,6	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,7	0,00	0	0	0
7,8	0,00	0	0	0
7,9	0,00	0	0	0
8,0	0,00	0	0	0

20 VALIDAÇÃO

Camada	Parâmetro	
Superfície	altura da Berna [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,03943
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	42,8
Armaz.	Carga de Sucção [mm]	37,45
	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,25 - 8
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

Alta	0,8646
Média	0,8127
Baixa	0,3919
Todo	0,8531

Incremento Alta %
Incremento Média %
Incremento Baixa %
Incremento Todo %

HORAS
(hora em
hora)

Observado CA2 - hs (cm)	
0,0	0
0,1	0
0,2	0
0,3	0
0,3	0,8757
0,4	1,3598

0,5	3,44	0,5288
0,6	8,29	1,8921
0,7	10,17	2,8293
0,8	16,03	4,4982
0,8	24,80	6,2076
0,9	44,23	9,5197
1,0	45,15	17,97
1,1	46,95	26,9716
1,2	45,92	29,3333
1,3	45,92	29,5418
1,3	44,97	31,2327
1,4	43,89	33,5749
1,5	42,94	32,9526
1,6	44,91	31,1205
1,7	45,89	37,2186
1,8	45,81	40,4522
1,8	42,90	45
1,9	43,86	45
2,0	45,85	43,7671
2,1	45,84	45
2,2	43,90	45
2,3	43,90	45
2,3	40,96	43,6473
2,4	39,03	41,6152
2,5	36,09	40,2625
2,6	34,15	38,2104
2,7	31,23	36,1584
2,8	28,31	34,1063
2,8	28,29	32,0542
2,9	25,38	30,0221
3,0	23,43	28,6695
3,1	23,51	26,6174
3,2	20,58	24,5653
3,3	18,65	22,5132
3,3	17,68	20,4612
3,4	16,70	18,4091
3,5	15,74	16,357
3,6	12,81	14,3049
3,7	12,79	12,2528
3,8	9,89	10,2007
3,8	10,85	8,1487
3,9	7,93	6,1156
4,0	5,99	4,0635
4,1	5,99	2,0114
4,2	4,04	0
4,3	2,10	0

4,3	2,10	0
4,4	1,16	0
4,5	0,00	0
4,6	0,00	0
4,7	0,00	0
4,8	0,00	0
4,8	0,00	0
4,9	0,00	0
5,0	0,00	0
5,1	0,00	0
5,2	0,00	0
5,3	0,00	0
5,3	0,00	0
5,4	0,00	0
5,5	0,00	0
5,6	0,00	0
5,7	0,00	0
5,8	0,00	0
5,8	0,00	0
5,9	0,00	0
6,0	0,00	0
6,1	0,00	0
6,2	0,00	0
6,2	0,00	0
6,3	0,00	0
6,4	0,00	0
6,5	0,00	0
6,6	0,00	0
6,7	0,00	0
6,7	0,00	0
6,8	0,00	0
6,9	0,00	0
7,0	0,00	0
7,1	0,00	0
7,2	0,00	0
7,2	0,00	0
7,3	0,00	0
7,4	0,00	0
7,5	0,00	0
7,6	0,00	0
7,7	0,00	0
7,7	0,00	0
7,8	0,00	0
7,9	0,00	0
8,0	0,00	0
Hora	Observado CM2 - hs (cm)	

0,0	0,00	0
0,1	0,00	0
0,2	0,00	0
0,3	0,00	0
0,3	0,00	0,0981
0,4	0,00	0,6259
0,5	4,19	1,2492
0,6	6,02	1,9232
0,7	7,01	2,7796
0,8	5,98	1,4434
0,8	5,99	0,1079
0,9	5,04	0
1,0	5,96	0
1,1	6,94	0
1,2	6,96	0,1744
1,3	6,96	0
1,3	6,02	0
1,4	4,10	0
1,5	4,10	0
1,6	2,15	0
1,7	3,13	0
1,8	2,15	0
1,8	0,24	0
1,9	2,18	0
2,0	1,22	0
2,1	0,00	0
2,2	1,22	0
2,3	0,00	0
2,3	0,00	0
2,4	0,00	0
2,5	0,00	0
2,6	0,00	0
2,7	0,00	0
2,8	1,26	0,6967
2,8	1,26	0,1151
2,9	2,26	0
3,0	3,15	0
3,1	4,15	0
3,2	7,05	0,6431
3,3	10,01	1,604
3,3	11,89	3,9672
3,4	12,81	4,1371
3,5	12,81	4,2669
3,6	11,83	2,9346
3,7	11,85	1,6222
3,8	11,85	1,625

3,8	10,80	1,5778
3,9	11,85	1,5306
4,0	13,80	1,5636
4,1	15,78	4,5011
4,2	16,76	6,6824
4,3	17,65	8,109
4,3	17,65	8,8021
4,4	17,65	9,4941
4,5	18,63	10,1449
4,6	16,67	9,3837
4,7	15,70	9,3036
4,8	16,67	8,5437
4,8	18,63	8,465
4,9	18,69	7,7065
5,1	16,82	6,852
5,2	15,84	6,0962
5,3	14,95	6,0216
5,3	13,95	5,2671
5,4	12,97	5,1939
5,5	11,02	4,4409
5,6	10,06	4,3691
5,7	10,04	3,6174
5,8	7,11	3,547
5,8	7,11	2,7967
5,9	7,11	2,7277
6,0	6,10	1,9788
6,1	4,17	1,9112
6,2	3,17	1,1437
6,2	1,25	0,3775
6,3	0,27	0
6,4	0,00	0
6,5	0,00	0
6,6	0,00	0
6,7	0,00	0
6,7	0,00	0
6,8	0,00	0
6,9	0,00	0
7,0	0,00	0
7,1	0,00	0
7,2	0,00	0
7,2	0,00	0
7,3	0,00	0
7,4	0,00	0
7,5	0,00	0
7,6	0,00	0
7,7	0,00	0

7,7	0,00	0
7,8	0,00	0
7,9	0,20	0
8,0	0,00	0
Hora	Observado CB1 - hs (cm)	
0,0	0,00	0
0,1	0,62	0
0,2	3,09	0
0,3	3,71	0,7149
0,3	2,36	4,8039
0,4	2,36	2,9456
0,5	1,64	1,419
0,6	0,96	0
0,7	0,29	0
0,8	0,24	0
0,8	0,00	0
0,9	0,00	0
1,0	0,00	0
1,1	0,00	0
1,2	0,00	0
1,3	0,00	0
1,3	0,00	0
1,4	0,00	0
1,5	0,00	0
1,6	0,00	0
1,7	0,00	0
1,8	0,00	0
1,8	0,00	0
1,9	0,00	0
2,0	0,00	0
2,1	0,00	0
2,2	0,00	0
2,3	0,00	0
2,3	0,00	0
2,4	0,00	0
2,5	0,00	0
2,6	0,00	0
2,7	0,00	0
2,8	0,00	0
2,8	0,00	0
2,9	0,00	0
3,0	0,00	0
3,1	0,00	0
3,2	0,00	0
3,3	0,00	0
3,3	0,00	0

3,4	0,00	0
3,5	0,00	0
3,6	0,00	0
3,7	0,00	0
3,8	0,00	0
3,8	0,00	0
3,9	0,00	0
4,0	0,00	0
4,1	0,00	0
4,2	0,00	0
4,3	0,00	0
4,3	0,00	0
4,4	0,00	0
4,5	0,00	0
4,6	0,00	0
4,7	0,00	0
4,8	0,00	0
4,8	0,00	0
4,9	0,00	0
5,0	0,00	0
5,1	0,00	0
5,2	0,00	0
5,3	0,00	0
5,3	0,00	0
5,4	0,00	0
5,5	0,00	0
5,6	0,00	0
5,7	0,00	0
5,8	0,00	0
5,8	0,00	0
5,9	0,00	0
6,0	0,00	0
6,1	0,00	0
6,2	0,00	0
6,2	0,00	0
6,3	0,00	0
6,5	0,00	0
6,6	0,00	0
6,7	0,00	0
6,7	0,00	0
6,8	0,00	0
6,9	0,00	0
7,0	0,00	0
7,1	0,00	0
7,2	0,00	0
7,2	0,00	0

7,3	0,00	0
7,4	0,00	0
7,5	0,00	0
7,6	0,00	0
7,7	0,00	0
7,7	0,00	0
7,8	0,00	0
7,9	0,00	0
8,0	0,00	0

Camada	Parâmetro	CA4 CM4
Superfície	altura da Berna [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	42,8
	Carga de Sucção [mm]	37,45
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,25
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

R^2

Alta 0,8274

Média 0,4783

Baixa -

Todo 0,8534

Incremento Alta % -

Incremento Média % -

Incremento Baixa % -
Incremento Todo % -

HORAS (hora em hora)	Observado CA4	Simulado CA4
0,0	0,00	0
0,1	0,00	0
0,2	0,00	0
0,3	0,00	0
0,3	0,00	2,4699
0,4	15,17	7,3765
0,5	16,08	12,0651
0,6	13,17	12,2374
0,7	13,18	10,1853
0,8	12,22	8,1533
0,8	11,25	6,817
0,9	11,25	5,5014
1,0	10,28	4,8775
1,1	8,44	2,8254
1,2	7,45	0,7733
1,3	10,38	0
1,3	14,30	0
1,4	19,18	8,3501
1,5	28,93	13,6958
1,6	35,69	16,1773
1,7	39,61	20,7324
1,8	40,51	20,9809
1,8	40,51	24,074
1,9	37,58	24,1828
2,0	34,69	22,1307
2,1	32,75	20,0786
2,2	29,81	18,0266
2,3	27,89	15,9745
2,3	24,97	13,9224
2,4	23,02	11,8703
2,5	22,03	9,8182
2,6	18,14	7,7661
2,7	16,19	5,7141
2,8	16,19	3,662
2,8	12,28	1,6099
2,9	11,32	0
3,0	10,34	0
3,1	9,36	0
3,2	7,48	0
3,3	6,51	0

3,3	5,53	0
3,4	4,57	0
3,5	2,60	0
3,6	0,00	0
3,7	0,65	0
3,8	0,00	0
3,8	0,00	0
3,9	0,00	0
4,0	0,00	0
4,1	0,00	0
4,2	0,00	0
4,3	0,00	0
4,3	0,00	0
4,4	0,00	0,1485
4,5	0,00	0,3842
4,6	1,02	0
4,7	3,07	0
4,8	4,10	3,3264
4,8	4,12	1,9736
4,9	3,14	0
5,0	1,20	0
5,1	0,21	0
5,2	0,00	0
5,3	0,00	0
5,3	0,00	0
5,4	0,00	0
5,5	0,00	0
5,6	0,00	0
5,7	0,00	0
5,8	0,00	0
5,8	0,00	0
5,9	0,00	0
6,0	0,00	0
6,1	0,00	0
6,2	0,00	0
6,2	15,32	1,1235
6,3	30,88	10,7615
6,4	38,67	25,7139
6,5	42,50	31,8327
6,6	45,00	35,7381
6,7	45,00	38,9125
6,7	45,00	42,0668
6,8	44,58	44,3901
6,9	42,65	43,0777
7,0	40,68	42,4765
7,1	36,79	41,1242

7,2	36,88	39,0721
7,2	32,97	37,0201
7,3	31,02	34,968
7,4	30,06	32,9159
7,5	26,15	30,8638
7,6	27,13	28,8117
7,7	24,27	26,7596
7,7	23,28	24,7076
7,8	21,33	22,6555
7,9	19,38	20,6234
8,0	18,40	19,2711

Simulado

Hora	Observado CM4	CM4
0,0	0,00	0
0,1	0,00	0
0,2	0,00	1,3476
0,3	2,02	4,067
0,3	2,70	7,4163
0,4	1,97	7,1018
0,5	1,97	5,7448
0,6	0,00	3,6928
0,7	0,00	1,6407
0,8	0,00	0
0,8	0,00	0
0,9	0,00	0
1,0	0,00	1,0372
1,1	1,57	1,9355
1,2	0,91	2,0831
1,3	2,25	1,4798
1,3	2,25	0,1457
1,4	1,52	0
1,5	0,80	0
1,6	0,00	0
1,7	0,74	0
1,8	0,00	0
1,8	0,00	0
1,9	0,00	0
2,0	0,00	0
2,1	0,00	0
2,2	0,00	0
2,3	0,00	0
2,3	0,00	0
2,4	0,00	0
2,5	0,00	0
2,6	0,00	0
2,7	0,00	0

2,8	0,00	0
2,8	0,00	0
2,9	0,00	0
3,0	0,00	0
3,1	0,00	0
3,2	0,00	0
3,3	0,00	0
3,3	0,00	0
3,4	0,00	0
3,5	0,00	0
3,6	0,00	0
3,7	0,00	0
3,8	0,41	0
3,8	2,48	0
3,9	3,15	0
4,0	4,50	0
4,1	3,82	0
4,2	3,15	0
4,3	4,50	0
4,3	4,50	0
4,4	3,15	0
4,5	3,15	0
4,6	3,82	0
4,7	3,15	0
4,8	1,81	0
4,8	1,81	0
4,9	1,13	0
5,0	0,52	0
5,1	1,20	0
5,2	0,52	0
5,3	0,00	0
5,3	0,52	0
5,4	0,00	0
5,5	0,00	0
5,6	0,57	0
5,7	0,57	0
5,8	1,25	0
5,8	1,30	0
5,9	0,63	0
6,0	1,36	0
6,1	1,41	0
6,2	1,41	0
6,2	1,41	0
6,3	1,36	0
6,4	2,02	0
6,5	1,30	0

6,6	1,30	0
6,7	1,30	0
6,7	1,97	0
6,8	0,63	0
6,9	0,57	0
7,0	1,25	0
7,1	1,97	0
7,2	2,02	0
7,2	1,36	0
7,3	2,09	0
7,4	1,46	0
7,5	1,52	0
7,6	0,85	0
7,7	1,57	0
7,7	2,25	0
7,8	1,64	0
7,9	0,96	0
8,0	1,01	0

21 NSE

Calibração 1

Camada	Parâmetro	
Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	60
	Carga de Sucção [mm]	37,45
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

CA3CM3CB3

	Média	Soma(ob-cal)^2	Soma(ob-obm)^2	Nash-Sutcliffe
Alta	11,11	3867,916948	20322,45666	0,809672767
Média	8,71	2143,078869	8183,659015	0,738127057
Baixa	0,03	45,47755807	6,265932589	-6,257907331
Total	6,62	6056,473374	28512,38161	0,79

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado 1	(ob-Cal)^2	(ob-obmedia)^2
0,0	0,00	0	0	123,4848659
0,1	0,00	0	0	123,4848659
0,2	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0,0599	0,00358801	123,4848659
0,4	0,00	0	0	123,4848659
0,5	0,00	0	0	123,4848659
0,6	0,00	0	0	123,4848659
0,7	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659
0,9	0,00	0	0	123,4848659
1,0	0,00	0	0	123,4848659
1,1	2,97	1,3674	2,552525026	66,37869426
1,2	3,95	5,5409	2,541791696	51,34831992
1,3	2,02	4,0183	3,975549918	82,59088175
1,3	1,05	1,9663	0,833918977	101,1888344
1,4	2,06	0	4,223415245	82,034312
1,5	0,00	0	0	123,4848659
1,6	0,00	0	0	123,4848659
1,7	0,00	0	0	123,4848659
1,8	0,99	0	0,983592338	102,4267916
1,8	3,04	3,3876	0,123177952	65,21760267
1,9	10,78	3,6537	50,73382455	0,112833117
2,0	12,56	7,516	25,39661528	2,082627109
2,1	15,51	9,1455	40,5112324	19,34213149
2,2	15,51	9,2731	38,9032061	19,34213149
2,3	13,59	7,9386	31,91758593	6,129539386
2,3	10,67	6,6045	16,56265759	0,191975371
2,4	9,69	5,2505	19,73302199	2,01551353
2,5	10,68	3,1984	56,04092753	0,183120312
2,6	6,81	1,1464	32,06978513	18,5154249
2,7	5,85	0	34,20296265	27,71016501
2,8	3,89	0	15,09519966	52,23126812
2,8	2,93	0	8,610640593	66,87944105
2,9	0,92	0	0,84675289	103,8805878
3,0	8,72	0	76,06234857	5,716887509
3,1	28,89	5,279	557,6692409	316,1869721
3,2	45,00	16,8548	792,152283	1148,371165

3,3	45,00	33,4686	132,973186	1148,371165
3,3	45,00	45	0	1148,371165
3,4	45,00	45	0	1148,371165
3,5	45,00	45	0	1148,371165
3,6	45,00	45	0	1148,371165
3,7	45,00	43,7471	1,56975841	1148,371165
3,8	44,02	45	0,968571752	1082,638017
3,8	43,03	45	3,863969885	1019,009438
3,9	40,12	44,4784	18,99250323	841,4632883
4,0	38,18	45	46,5433131	732,5336886
4,1	37,23	43,6873	41,73716625	681,9668355
4,2	33,40	43,0858	93,75736761	496,8702567
4,3	31,46	41,7333	105,5338282	414,0394623
4,3	30,50	39,6812	84,30829891	375,850747
4,4	27,58	37,6291	101,0833186	271,0206733
4,5	25,62	35,577	99,09747442	210,5358663
4,6	22,70	33,5249	117,2203862	134,2281933
4,7	22,78	31,4728	75,56723314	136,1301824
4,8	17,91	29,4208	132,4279321	46,24941125
4,8	17,91	27,3687	89,4090064	46,24941125
4,9	15,95	25,3166	87,7333709	23,40253039
5,0	14,01	23,2645	85,6945747	8,380962056
5,1	12,05	21,2124	83,86690969	0,887623462
5,2	11,07	19,1603	65,40483746	0,001552374
5,3	8,16	17,1083	80,08936774	8,722221734
5,3	7,18	15,0562	62,07398003	15,48327008
5,4	5,21	13,0041	60,67911422	34,7858665
5,5	4,24	10,952	45,00925218	47,18684238
5,6	3,34	8,9199	31,09776018	60,35753234
5,7	1,39	7,5874	38,40142082	94,51460942
5,8	0,41	6,2749	34,40908644	114,5627787
5,8	0,41	5,6535	27,50505172	114,5627787
5,9	1,38	3,6414	5,11262905	94,71351347
6,0	3,39	3,2692	0,015696378	59,56581468
6,1	4,46	5,5724	1,242293262	44,28312292
6,2	7,47	3,6203	14,85101931	13,2377539
6,2	10,47	5,2525	27,21956661	0,412982315
6,3	9,51	5,3824	17,02592478	2,571937667
6,4	9,56	4,05	30,35756583	2,410580476
6,5	7,71	2,6977	25,11475283	11,581854
6,6	7,69	0,6456	49,60544691	11,72145473
6,7	3,81	0	14,54418307	53,27088725
6,7	2,83	0	8,021049691	68,56218693
6,8	2,81	0	7,905640408	68,901245
6,9	2,85	0	8,137295273	68,22396516
7,0	0,00	0	0	123,4848659
7,1	0,00	0	0	123,4848659
7,2	0,00	0	0	123,4848659

7,2	0,00	0	0	123,4848659
7,3	0,00	0	0	123,4848659
7,4	0,00	0	0	123,4848659
7,5	0,00	0	0	123,4848659
7,6	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,8	0,00	0	0	123,4848659
7,9	0,00	0	0	123,4848659
8,0	0,00	0	0	123,4848659
0,0	0,00	0	0	75,83453736
0,1	0,00	0	0	75,83453736
0,2	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,4	0,00	0	0	75,83453736
0,5	0,00	0	0	75,83453736
0,6	0,00	0	0	75,83453736
0,7	0,00	0	0	75,83453736
0,8	0,00	0	0	75,83453736
0,8	0,00	0	0	75,83453736
0,9	0,00	0	0	75,83453736
1,0	0,00	0	0	75,83453736
1,1	0,00	0	0	75,83453736
1,2	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,4	0,00	0	0	75,83453736
1,5	0,00	0	0	75,83453736
1,6	0,00	0	0	75,83453736
1,7	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,9	0,00	0	0	75,83453736
2,0	0,00	0	0	75,83453736
2,1	0,00	0	0	75,83453736
2,2	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,4	0,00	0	0	75,83453736
2,5	0,00	0	0	75,83453736
2,6	0,00	0	0	75,83453736
2,7	11,36	1,5528	96,16658242	7,027553808
2,8	29,44	7,6219	475,8511291	429,633793
2,8	32,30	25,4786	46,51418768	556,5083063
2,9	32,26	26,3957	34,36461081	554,5804036
3,0	31,30	27,2335	16,50995554	510,2376974
3,1	27,42	25,1815	5,018561857	350,1917852

3,2	25,49	23,1294	5,569184506	281,6022693
3,3	24,53	21,0773	11,9088681	250,269869
3,3	22,59	19,0252	12,67641775	192,5792595
3,4	19,74	16,9731	7,67359584	121,7695216
3,5	17,82	14,921	8,410273994	83,04211154
3,6	14,89	12,869	4,070943563	38,17207245
3,7	11,97	10,8169	1,335913723	10,6564024
3,8	11,96	8,7648	10,22524039	10,58975384
3,8	10,98	6,7127	18,2180016	5,164948555
3,9	8,07	4,6606	11,60365974	0,411250663
4,0	8,08	2,7085	28,82335686	0,398241685
4,1	8,08	4,298	14,2826463	0,398241685
4,2	7,19	2,9432	18,01595124	2,312171565
4,3	6,22	1,7703	19,76786399	6,209546536
4,3	5,23	0,8254	19,44341443	12,06474416
4,4	3,27	0	10,70462913	29,55563913
4,5	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,6	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,7	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,8	1,26	0	1,58154623	55,51304027
4,8	6,22	0	38,64371114	6,209546536
4,9	8,17	5,8055	5,58735202	0,290569247
5,0	7,20	5,2405	3,831588955	2,281182155
5,1	6,14	4,9848	1,345683844	6,571361234
5,2	7,12	4,0313	9,516297499	2,534951528
5,3	8,10	3,1404	24,57469993	0,372850953
5,3	11,01	4,4927	42,49642436	5,305307793
5,4	12,95	8,666	18,38913283	18,0281121
5,5	14,92	9,1929	32,76911016	38,55203128
5,6	12,98	10,3897	6,735209825	18,28952564
5,7	13,97	9,4423	20,46807953	27,64828221
5,8	13,97	9,1963	22,75448529	27,64828221
5,8	12,00	8,931	9,43958277	10,8576024
5,9	11,03	7,9673	9,392857202	5,399925962
6,0	9,09	7,0061	4,340346377	0,145273046
6,1	8,11	6,0674	4,163688859	0,360469199
6,2	7,15	5,8102	1,786560325	2,438219952
6,2	6,17	4,8546	1,717894763	6,466940232
6,3	4,24	3,9015	0,116694991	19,93797797
6,4	6,20	3,0709	9,765986903	6,31187679
6,5	6,20	6,4774	0,079209653	6,31187679
6,6	5,22	5,52	0,087234948	12,13587593
6,7	5,22	4,6052	0,383711329	12,13587593
6,7	8,15	5,1431	9,034288534	0,313032932
6,8	13,03	6,4708	42,9683618	18,64100405
6,9	15,79	9,9685	33,84797205	50,09947437
7,0	18,71	12,6461	36,77774726	100,0452685
7,1	19,70	12,4124	53,14305302	120,8685947

7,2	20,61	12,9305	59,00998364	141,705045
7,2	22,55	14,1984	69,83147113	191,7288823
7,3	22,57	16,1543	41,09895951	192,0121322
7,4	22,57	16,6431	35,07064091	192,0121322
7,5	21,59	17,1107	20,09848589	166,0369016
7,6	20,61	16,8661	14,03398147	141,705045
7,7	20,61	17,3132	10,88403178	141,705045
7,7	19,68	16,3484	11,11208544	120,4193855
7,8	19,68	16,1057	12,78905967	120,4193855
7,9	0,00	16,5748	274,723995	75,83453736
8,0	0,00	16,3116	266,0682946	75,83453736
0,0	0,00	0	0	0,000980034
0,1	0,00	0	0	0,000980034
0,2	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,4	0,00	0	0	0,000980034
0,5	0,00	0	0	0,000980034
0,6	0,00	0	0	0,000980034
0,7	0,00	0	0	0,000980034
0,8	0,00	0	0	0,000980034
0,8	2,45	3,5706	1,247142367	5,868696281
0,9	0,58	5,4681	23,86627217	0,304133087
1,0	0,00	3,7843	14,32092649	0,000980034
1,1	0,00	2,4292	5,90101264	0,000980034
1,2	0,00	0,3771	0,14220441	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,4	0,00	0	0	0,000980034
1,5	0,00	0	0	0,000980034
1,6	0,00	0	0	0,000980034
1,7	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,9	0,00	0	0	0,000980034
2,0	0,00	0	0	0,000980034
2,1	0,00	0	0	0,000980034
2,2	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,4	0,00	0	0	0,000980034
2,5	0,00	0	0	0,000980034
2,6	0,00	0	0	0,000980034
2,7	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,9	0,00	0	0	0,000980034
3,0	0,00	0	0	0,000980034

3,1	0,00	0	0	0,000980034
3,2	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,4	0,00	0	0	0,000980034
3,5	0,00	0	0	0,000980034
3,6	0,00	0	0	0,000980034
3,7	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034
3,9	0,00	0	0	0,000980034
4,0	0,00	0	0	0,000980034
4,1	0,00	0	0	0,000980034
4,2	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,4	0,00	0	0	0,000980034
4,5	0,00	0	0	0,000980034
4,6	0,00	0	0	0,000980034
4,7	0,00	0	0	0,000980034
4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,9	0,00	0	0	0,000980034
5,0	0,00	0	0	0,000980034
5,1	0,00	0	0	0,000980034
5,2	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,4	0,00	0	0	0,000980034
5,5	0,00	0	0	0,000980034
5,6	0,00	0	0	0,000980034
5,7	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,9	0,00	0	0	0,000980034
6,0	0,00	0	0	0,000980034
6,1	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,3	0,00	0	0	0,000980034
6,4	0,00	0	0	0,000980034
6,5	0,00	0	0	0,000980034
6,6	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,8	0,00	0	0	0,000980034
6,9	0,00	0	0	0,000980034
7,0	0,00	0	0	0,000980034

7,1	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,3	0,00	0	0	0,000980034
7,4	0,00	0	0	0,000980034
7,5	0,00	0	0	0,000980034
7,6	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,8	0,00	0	0	0,000980034
7,9	0,00	0	0	0,000980034
8,0	0,00	0	0	0,000980034

Calibração 2

Camada	Parâmetro	
Superfície	altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,174375
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	307,8125
	Tangente Declividade	42,8
	Carga de Sucção [mm]	34,87
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coeficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

	Média	Soma(ob-cal)^2	Soma(ob-obm)^2	CA3CM3CB3 Nash-Sutcliffe
Alta	11,11	3250,697417	20322,45666	0,840044072
Média	8,71	2603,179429	8183,659015	0,681905194
Baixa	0,03	29,56637695	6,265932589	-3,718591611
Total	6,62	5883,443223	28512,38161	0,79

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado 1	(ob-Cal)^2	(ob-obmedia)^2
0,0	0,00	0	0	123,4848659

0,1	0,00	0	0	123,4848659
0,2	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0	0	123,4848659
0,4	0,00	0	0	123,4848659
0,5	0,00	0	0	123,4848659
0,6	0,00	0	0	123,4848659
0,7	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659
0,9	0,00	0	0	123,4848659
1,0	0,00	0	0	123,4848659
1,1	2,97	0,9358	4,117905738	66,37869426
1,2	3,95	5,6577	2,927862358	51,34831992
1,3	2,02	3,0926	1,141004475	82,59088175
1,3	1,05	0,5275	0,276264145	101,1888344
1,4	2,06	0	4,223415245	82,034312
1,5	0,00	0	0	123,4848659
1,6	0,00	0	0	123,4848659
1,7	0,00	0	0	123,4848659
1,8	0,99	0	0,983592338	102,4267916
1,8	3,04	3,1751	0,019173156	65,21760267
1,9	10,78	2,9282	61,59531123	0,112833117
2,0	12,56	6,2776	39,41209696	2,082627109
2,1	15,51	7,394	65,87503132	19,34213149
2,2	15,51	7,0085	72,28134239	19,34213149
2,3	13,59	5,1611	71,01542637	6,129539386
2,3	10,67	3,3139	54,17437689	0,191975371
2,4	9,69	1,4469	67,99299703	2,01551353
2,5	10,68	0	114,1574474	0,183120312
2,6	6,81	0	46,36818825	18,5154249
2,7	5,85	0	34,20296265	27,71016501
2,8	3,89	0	15,09519966	52,23126812
2,8	2,93	0	8,610640593	66,87944105
2,9	0,92	0	0,84675289	103,8805878
3,0	8,72	0	76,06234857	5,716887509
3,1	28,89	4,9898	571,411806	316,1869721
3,2	45,00	16,0526	837,9519668	1148,371165
3,3	45,00	32,1534	165,0351316	1148,371165
3,3	45,00	45	0	1148,371165
3,4	45,00	45	0	1148,371165
3,5	45,00	45	0	1148,371165
3,6	45,00	45	0	1148,371165
3,7	45,00	43,234	3,118756	1148,371165
3,8	44,02	44,3527	0,113474949	1082,638017
3,8	43,03	43,9891	0,911639832	1019,009438
3,9	40,12	42,9544	8,0317766	841,4632883
4,0	38,18	44,0332	34,28648184	732,5336886

4,1	37,23	42,2076	24,8076794	681,9668355
4,2	33,40	41,093	59,13669705	496,8702567
4,3	31,46	39,2274	60,32731254	414,0394623
4,3	30,50	36,7738	39,37004133	375,850747
4,4	27,58	34,2087	44,00491457	271,0206733
4,5	25,62	31,6436	36,25691402	210,5358663
4,6	22,70	29,0785	40,70996853	134,2281933
4,7	22,78	26,5134	13,93933265	136,1301824
4,8	17,91	23,9483	36,42404437	46,24941125
4,8	17,91	21,3832	12,04182706	46,24941125
4,9	15,95	18,8181	8,226051301	23,40253039
5,0	14,01	16,253	5,042882931	8,380962056
5,1	12,05	13,6879	2,667955836	0,887623462
5,2	11,07	11,1228	0,002482603	0,001552374
5,3	8,16	8,5577	0,158934838	8,722221734
5,3	7,18	6,0042	1,376623011	15,48327008
5,4	5,21	3,4778	3,015849087	34,7858665
5,5	4,24	0,9787	10,65634971	47,18684238
5,6	3,34	0	11,17807898	60,35753234
5,7	1,39	0	1,933523636	94,51460942
5,8	0,41	0	0,16725983	114,5627787
5,8	0,41	0	0,16725983	114,5627787
5,9	1,38	0	1,905194002	94,71351347
6,0	3,39	0	11,52252969	59,56581468
6,1	4,46	2,6367	3,316470398	44,28312292
6,2	7,47	0,1716	53,32507535	13,2377539
6,2	10,47	1,2908	84,25289271	0,412982315
6,3	9,51	0,9076	73,97803133	2,571937667
6,4	9,56	0	91,3892031	2,410580476
6,5	7,71	0	59,43118098	11,581854
6,6	7,69	0	59,11631435	11,72145473
6,7	3,81	0	14,54418307	53,27088725
6,7	2,83	0	8,021049691	68,56218693
6,8	2,81	0	7,905640408	68,901245
6,9	2,85	0	8,137295273	68,22396516
7,0	0,00	0	0	123,4848659
7,1	0,00	0	0	123,4848659
7,2	0,00	0	0	123,4848659
7,2	0,00	0	0	123,4848659
7,3	0,00	0	0	123,4848659
7,4	0,00	0	0	123,4848659
7,5	0,00	0	0	123,4848659
7,6	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,8	0,00	0	0	123,4848659
7,9	0,00	0	0	123,4848659
8,0	0,00	0	0	123,4848659

0,0	0,00	0	0	75,83453736
0,1	0,00	0	0	75,83453736
0,2	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,4	0,00	0	0	75,83453736
0,5	0,00	0	0	75,83453736
0,6	0,00	0	0	75,83453736
0,7	0,00	0	0	75,83453736
0,8	0,00	0	0	75,83453736
0,8	0,00	0	0	75,83453736
0,9	0,00	0	0	75,83453736
1,0	0,00	0	0	75,83453736
1,1	0,00	0	0	75,83453736
1,2	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,4	0,00	0	0	75,83453736
1,5	0,00	0	0	75,83453736
1,6	0,00	0	0	75,83453736
1,7	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,9	0,00	0	0	75,83453736
2,0	0,00	0	0	75,83453736
2,1	0,00	0	0	75,83453736
2,2	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,4	0,00	0	0	75,83453736
2,5	0,00	0	0	75,83453736
2,6	0,00	0	0	75,83453736
2,7	11,36	1,2792	101,6075322	7,027553808
2,8	29,44	8,071	456,4594742	429,633793
2,8	32,30	25,2903	49,11810592	556,5083063
2,9	32,26	25,6945	43,07734847	554,5804036
3,0	31,30	26,0192	27,85247553	510,2376974
3,1	27,42	23,4541	15,74196633	350,1917852
3,2	25,49	20,889	21,16287022	281,6022693
3,3	24,53	18,3239	38,49362128	250,269869
3,3	22,59	15,7588	46,60513994	192,5792595
3,4	19,74	13,1937	42,89628559	121,7695216
3,5	17,82	10,6286	51,7312973	83,04211154
3,6	14,89	8,0635	46,55548427	38,17207245
3,7	11,97	5,4984	41,91678502	10,6564024
3,8	11,96	3,0435	79,54843578	10,58975384
3,8	10,98	2,0951	78,95842086	5,164948555
3,9	8,07	1,1493	47,85477389	0,411250663

4,0	8,08	0,306	60,39215329	0,398241685
4,1	8,08	3,0065	25,71239251	0,398241685
4,2	7,19	2,7556	19,64368896	2,312171565
4,3	6,22	1,8081	19,43316717	6,209546536
4,3	5,23	0,863	19,11323614	12,06474416
4,4	3,27	0	10,70462913	29,55563913
4,5	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,6	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,7	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,8	1,26	0	1,58154623	55,51304027
4,8	6,22	0	38,64371114	6,209546536
4,9	8,17	5,6394	6,400181647	0,290569247
5,0	7,20	5,2834	3,665480627	2,281182155
5,1	6,14	5,0277	1,247993153	6,571361234
5,2	7,12	4,0741	9,254066207	2,534951528
5,3	8,10	3,183	24,15415379	0,372850953
5,3	11,01	4,5352	41,94412171	5,305307793
5,4	12,95	8,7084	18,02728655	18,0281121
5,5	14,92	9,2352	32,28661259	38,55203128
5,6	12,98	10,4319	6,517953398	18,28952564
5,7	13,97	9,4844	20,08891715	27,64828221
5,8	13,97	9,2383	22,35555533	27,64828221
5,8	12,00	8,9729	9,183872064	10,8576024
5,9	11,03	8,0091	9,138389096	5,399925962
6,0	9,09	7,0477	4,168742234	0,145273046
6,1	8,11	6,1089	3,99604862	0,360469199
6,2	7,15	5,8517	1,677342888	2,438219952
6,2	6,17	4,896	1,611084018	6,466940232
6,3	4,24	3,9427	0,090244057	19,93797797
6,4	6,20	3,112	9,510796354	6,31187679
6,5	6,20	6,5184	0,103968905	6,31187679
6,6	5,22	5,5609	0,113067848	12,13587593
6,7	5,22	4,646	0,334829308	12,13587593
6,7	8,15	5,1838	8,791280285	0,313032932
6,8	13,03	6,5114	42,43774207	18,64100405
6,9	15,79	10,009	33,37836231	50,09947437
7,0	18,71	12,6865	36,28937057	100,0452685
7,1	19,70	12,4527	52,55710889	120,8685947
7,2	20,61	12,9707	58,39398331	141,705045
7,2	22,55	14,2385	69,16288603	191,7288823
7,3	22,57	16,1943	40,58769175	192,0121322
7,4	22,57	16,683	34,59965356	192,0121322
7,5	21,59	17,1505	19,7432125	166,0369016
7,6	20,61	16,9058	13,73810963	141,705045
7,7	20,61	17,3528	10,62431157	141,705045
7,7	19,68	16,3879	10,85030081	120,4193855
7,8	19,68	16,1451	12,50880909	120,4193855
7,9	0,00	16,6141	276,0283188	75,83453736

8,0	0,00	16,3508	267,3486606	75,83453736
0,0	0,00	0	0	0,000980034
0,1	0,00	0	0	0,000980034
0,2	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,4	0,00	0	0	0,000980034
0,5	0,00	0	0	0,000980034
0,6	0,00	0	0	0,000980034
0,7	0,00	0	0	0,000980034
0,8	0,00	0	0	0,000980034
0,8	2,45	3,394	0,88389196	5,868696281
0,9	0,58	5,1811	21,14447215	0,304133087
1,0	0,00	2,636	6,948496	0,000980034
1,1	0,00	0,7678	0,58951684	0,000980034
1,2	0,00	0	0	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,4	0,00	0	0	0,000980034
1,5	0,00	0	0	0,000980034
1,6	0,00	0	0	0,000980034
1,7	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,9	0,00	0	0	0,000980034
2,0	0,00	0	0	0,000980034
2,1	0,00	0	0	0,000980034
2,2	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,4	0,00	0	0	0,000980034
2,5	0,00	0	0	0,000980034
2,6	0,00	0	0	0,000980034
2,7	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,9	0,00	0	0	0,000980034
3,0	0,00	0	0	0,000980034
3,1	0,00	0	0	0,000980034
3,2	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,4	0,00	0	0	0,000980034
3,5	0,00	0	0	0,000980034
3,6	0,00	0	0	0,000980034
3,7	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034

3,9	0,00	0	0	0,000980034
4,0	0,00	0	0	0,000980034
4,1	0,00	0	0	0,000980034
4,2	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,4	0,00	0	0	0,000980034
4,5	0,00	0	0	0,000980034
4,6	0,00	0	0	0,000980034
4,7	0,00	0	0	0,000980034
4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,9	0,00	0	0	0,000980034
5,0	0,00	0	0	0,000980034
5,1	0,00	0	0	0,000980034
5,2	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,4	0,00	0	0	0,000980034
5,5	0,00	0	0	0,000980034
5,6	0,00	0	0	0,000980034
5,7	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,9	0,00	0	0	0,000980034
6,0	0,00	0	0	0,000980034
6,1	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,3	0,00	0	0	0,000980034
6,4	0,00	0	0	0,000980034
6,5	0,00	0	0	0,000980034
6,6	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,8	0,00	0	0	0,000980034
6,9	0,00	0	0	0,000980034
7,0	0,00	0	0	0,000980034
7,1	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,3	0,00	0	0	0,000980034
7,4	0,00	0	0	0,000980034
7,5	0,00	0	0	0,000980034
7,6	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,8	0,00	0	0	0,000980034

7,9	0,00	0	0	0,000980034
8,0	0,00	0	0	0,000980034

Calibração 3

Camada	Parâmetro	
Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,25575
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	221,625
	Tangente Declividade	43,8
	Carga de Sucção [mm]	38,73
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coefficiente de escoamento	8 - 1,95 - 8
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

	Média	Soma(ob-cal)^2	Soma(ob-obm)^2	CA3CM3CB3 Nash-Sutcliffe
Alta	11,11	4603,8577	20322,45666	0,773459588
Média	8,71	1895,319701	8183,659015	0,768401922
Baixa	0,03	54,47215602	6,265932589	-7,693383665
Total	6,62	6553,649557	28512,38161	0,77

HORAS (hora em hora)	Oobservado CA3 - hs (cm)	Calculado 2	(ob-Cal)^2	(ob-obmedia)^2
0,0	0,00	0	0	123,4848659
0,1	0,00	0	0	123,4848659
0,2	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0	0	123,4848659
0,3	0,00	0,1324	0,01752976	123,4848659
0,4	0,00	0	0	123,4848659
0,5	0,00	0	0	123,4848659
0,6	0,00	0	0	123,4848659
0,7	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659
0,8	0,00	0	0	123,4848659

0,9	0,00	0	0	123,4848659
1,0	0,00	0	0	123,4848659
1,1	2,97	1,5493	2,004383068	66,37869426
1,2	3,95	5,892	3,784580191	51,34831992
1,3	2,02	3,5826	2,427919022	82,59088175
1,3	1,05	1,8305	0,604337767	101,1888344
1,4	2,06	0	4,223415245	82,034312
1,5	0,00	0	0	123,4848659
1,6	0,00	0	0	123,4848659
1,7	0,00	0	0	123,4848659
1,8	0,99	0	0,983592338	102,4267916
1,8	3,04	3,4712	0,188848622	65,21760267
1,9	10,78	3,9425	46,70311917	0,112833117
2,0	12,56	8,0101	20,6607108	2,082627109
2,1	15,51	9,8447	32,09951593	19,34213149
2,2	15,51	10,1775	28,43921948	19,34213149
2,3	13,59	9,0483	20,61037522	6,129539386
2,3	10,67	7,9193	7,589609056	0,191975371
2,4	9,69	6,7706	8,538590232	2,01551353
2,5	10,68	4,9237	33,18622743	0,183120312
2,6	6,81	3,0768	13,93244522	18,5154249
2,7	5,85	1,23	21,32897109	27,71016501
2,8	3,89	0	15,09519966	52,23126812
2,8	2,93	0	8,610640593	66,87944105
2,9	0,92	0	0,84675289	103,8805878
3,0	8,72	0	76,06234857	5,716887509
3,1	28,89	5,4204	551,0109068	316,1869721
3,2	45,00	17,2014	772,762162	1148,371165
3,3	45,00	34,0204	120,5516162	1148,371165
3,3	45,00	45	0	1148,371165
3,4	45,00	45	0	1148,371165
3,5	45,00	45	0	1148,371165
3,6	45,00	45	0	1148,371165
3,7	45,00	43,9523	1,09767529	1148,371165
3,8	44,02	45	0,968571752	1082,638017
3,8	43,03	45	3,863969885	1019,009438
3,9	40,12	44,6836	20,82314944	841,4632883
4,0	38,18	45	46,5433131	732,5336886
4,1	37,23	43,8925	44,4306341	681,9668355
4,2	33,40	43,4963	101,8754885	496,8702567
4,3	31,46	42,3489	118,5608671	414,0394623
4,3	30,50	40,502	100,055109	375,850747
4,4	27,58	38,6551	122,7668436	271,0206733
4,5	25,62	36,8083	125,1281943	210,5358663
4,6	22,70	34,9614	150,3894194	134,2281933
4,7	22,78	33,1145	106,8048164	136,1301824
4,8	17,91	31,2676	178,3435671	46,24941125
4,8	17,91	29,4208	132,4279321	46,24941125

4,9	15,95	27,5739	135,1152688	23,40253039
5,0	14,01	25,727	137,3498778	8,380962056
5,1	12,05	23,8801	139,8445278	0,887623462
5,2	11,07	22,0333	120,1287401	0,001552374
5,3	8,16	20,1864	144,6575407	8,722221734
5,3	7,18	18,3395	124,590338	15,48327008
5,4	5,21	16,4926	127,1973437	34,7858665
5,5	4,24	14,6458	108,2160323	47,18684238
5,6	3,34	12,8189	89,7857934	60,35753234
5,7	1,39	11,6915	106,1103537	94,51460942
5,8	0,41	10,5842	103,5352217	114,5627787
5,8	0,41	10,1681	95,24053796	114,5627787
5,9	1,38	8,3612	48,73313721	94,71351347
6,0	3,39	8,0651	21,81464272	59,56581468
6,1	4,46	10,5736	37,40279072	44,28312292
6,2	7,47	8,8267	1,829791809	13,2377539
6,2	10,47	10,6641	0,037776801	0,412982315
6,3	9,51	10,9992	2,221744463	2,571937667
6,4	9,56	9,872	0,097487552	2,410580476
6,5	7,71	8,7249	1,03172339	11,581854
6,6	7,69	6,878	0,65725628	11,72145473
6,7	3,81	5,0312	1,482346036	53,27088725
6,7	2,83	3,1843	0,124012598	68,56218693
6,8	2,81	1,3374	2,173551848	68,901245
6,9	2,85	0	8,137295273	68,22396516
7,0	0,00	0	0	123,4848659
7,1	0,00	0	0	123,4848659
7,2	0,00	0	0	123,4848659
7,2	0,00	0	0	123,4848659
7,3	0,00	0	0	123,4848659
7,4	0,00	0	0	123,4848659
7,5	0,00	0	0	123,4848659
7,6	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,7	0,00	0	0	123,4848659
7,8	0,00	0	0	123,4848659
7,9	0,00	0	0	123,4848659
8,0	0,00	0	0	123,4848659
0,0	0,00	0	0	75,83453736
0,1	0,00	0	0	75,83453736
0,2	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,3	0,00	0	0	75,83453736
0,4	0,00	0	0	75,83453736
0,5	0,00	0	0	75,83453736
0,6	0,00	0	0	75,83453736
0,7	0,00	0	0	75,83453736
0,8	0,00	0	0	75,83453736

0,8	0,00	0	0	75,83453736
0,9	0,00	0	0	75,83453736
1,0	0,00	0	0	75,83453736
1,1	0,00	0	0	75,83453736
1,2	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,3	0,00	0	0	75,83453736
1,4	0,00	0	0	75,83453736
1,5	0,00	0	0	75,83453736
1,6	0,00	0	0	75,83453736
1,7	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,8	0,00	0	0	75,83453736
1,9	0,00	0	0	75,83453736
2,0	0,00	0	0	75,83453736
2,1	0,00	0	0	75,83453736
2,2	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,3	0,00	0	0	75,83453736
2,4	0,00	0	0	75,83453736
2,5	0,00	0	0	75,83453736
2,6	0,00	0	0	75,83453736
2,7	11,36	1,6833	93,62412761	7,027553808
2,8	29,44	7,9071	463,4897556	429,633793
2,8	32,30	25,2142	50,19058034	556,5083063
2,9	32,26	26,7536	30,29658796	554,5804036
3,0	31,30	27,7967	12,25031122	510,2376974
3,1	27,42	25,9498	2,166532855	350,1917852
3,2	25,49	24,1029	1,922138151	281,6022693
3,3	24,53	22,256	5,162996407	250,269869
3,3	22,59	20,4092	4,736698374	192,5792595
3,4	19,74	18,5623	1,394585273	121,7695216
3,5	17,82	16,7154	1,222455819	83,04211154
3,6	14,89	14,8685	0,000329711	38,17207245
3,7	11,97	13,0217	1,100364621	10,6564024
3,8	11,96	11,1748	0,620460231	10,58975384
3,8	10,98	9,3279	2,732591164	5,164948555
3,9	8,07	7,481	0,343412993	0,411250663
4,0	8,08	5,7342	5,489831062	0,398241685
4,1	8,08	7,5288	0,300785174	0,398241685
4,2	7,19	6,3793	0,653543128	2,312171565
4,3	6,22	4,5324	2,835878263	6,209546536
4,3	5,23	2,6855	6,499280891	12,06474416
4,4	3,27	0,8386	5,920427947	29,55563913
4,5	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,6	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,7	1,35	0	1,82145955	54,15029188
4,8	1,26	0	1,58154623	55,51304027

4,8	6,22	0	38,64371114	6,209546536
4,9	8,17	5,8855	5,215550735	0,290569247
5,0	7,20	5,488	2,923910179	2,281182155
5,1	6,14	5,3394	0,648727374	6,571361234
5,2	7,12	4,385	7,459178531	2,534951528
5,3	8,10	3,4932	21,20130567	0,372850953
5,3	11,01	4,8445	38,03346974	5,305307793
5,4	12,95	9,0169	15,50276613	18,0281121
5,5	14,92	9,5429	28,88450847	38,55203128
5,6	12,98	10,7388	5,04509225	18,28952564
5,7	13,97	9,7905	17,43869345	27,64828221
5,8	13,97	9,5436	19,56174516	27,64828221
5,8	12,00	9,2774	7,431023661	10,8576024
5,9	11,03	8,3128	7,394466641	5,399925962
6,0	9,09	7,3507	3,023250857	0,145273046
6,1	8,11	6,4111	2,879170661	0,360469199
6,2	7,15	6,1531	0,987484866	2,438219952
6,2	6,17	5,1966	0,938350329	6,466940232
6,3	4,24	4,2426	2,56528E-07	19,93797797
6,4	6,20	3,4111	7,755433545	6,31187679
6,5	6,20	6,8166	0,385196611	6,31187679
6,6	5,22	5,8584	0,401646197	12,13587593
6,7	5,22	4,9427	0,079492628	12,13587593
6,7	8,15	5,4797	7,124144578	0,313032932
6,8	13,03	6,8066	38,67876818	18,64100405
6,9	15,79	10,3034	30,06329997	50,09947437
7,0	18,71	12,9801	32,83824	100,0452685
7,1	19,70	12,7456	48,39606711	120,8685947
7,2	20,61	13,2628	54,01508557	141,705045
7,2	22,55	14,5299	64,40098885	191,7288823
7,3	22,57	16,485	36,96818778	192,0121322
7,4	22,57	16,973	31,27210829	192,0121322
7,5	21,59	17,4398	17,25599424	166,0369016
7,6	20,61	17,1943	11,68269392	141,705045
7,7	20,61	17,6406	8,830974739	141,705045
7,7	19,68	16,675	9,041324207	120,4193855
7,8	19,68	16,4315	10,56496676	120,4193855
7,9	0,00	16,8998	285,60324	75,83453736
8,0	0,00	16,6358	276,7498416	75,83453736
0,0	0,00	0	0	0,000980034
0,1	0,00	0	0	0,000980034
0,2	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,3	0,00	0	0	0,000980034
0,4	0,00	0	0	0,000980034
0,5	0,00	0	0	0,000980034
0,6	0,00	0	0	0,000980034
0,7	0,00	0	0	0,000980034

0,8	0,00	0	0	0,000980034
0,8	2,45	3,7571	1,698474338	5,868696281
0,9	0,58	5,823	27,45982055	0,304133087
1,0	0,00	4,0117	16,09373689	0,000980034
1,1	0,00	2,8618	8,18989924	0,000980034
1,2	0,00	1,015	1,030225	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,3	0,00	0	0	0,000980034
1,4	0,00	0	0	0,000980034
1,5	0,00	0	0	0,000980034
1,6	0,00	0	0	0,000980034
1,7	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,8	0,00	0	0	0,000980034
1,9	0,00	0	0	0,000980034
2,0	0,00	0	0	0,000980034
2,1	0,00	0	0	0,000980034
2,2	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,3	0,00	0	0	0,000980034
2,4	0,00	0	0	0,000980034
2,5	0,00	0	0	0,000980034
2,6	0,00	0	0	0,000980034
2,7	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,8	0,00	0	0	0,000980034
2,9	0,00	0	0	0,000980034
3,0	0,00	0	0	0,000980034
3,1	0,00	0	0	0,000980034
3,2	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,3	0,00	0	0	0,000980034
3,4	0,00	0	0	0,000980034
3,5	0,00	0	0	0,000980034
3,6	0,00	0	0	0,000980034
3,7	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034
3,8	0,00	0	0	0,000980034
3,9	0,00	0	0	0,000980034
4,0	0,00	0	0	0,000980034
4,1	0,00	0	0	0,000980034
4,2	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,3	0,00	0	0	0,000980034
4,4	0,00	0	0	0,000980034
4,5	0,00	0	0	0,000980034
4,6	0,00	0	0	0,000980034
4,7	0,00	0	0	0,000980034

4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,8	0,00	0	0	0,000980034
4,9	0,00	0	0	0,000980034
5,0	0,00	0	0	0,000980034
5,1	0,00	0	0	0,000980034
5,2	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,3	0,00	0	0	0,000980034
5,4	0,00	0	0	0,000980034
5,5	0,00	0	0	0,000980034
5,6	0,00	0	0	0,000980034
5,7	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,8	0,00	0	0	0,000980034
5,9	0,00	0	0	0,000980034
6,0	0,00	0	0	0,000980034
6,1	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,2	0,00	0	0	0,000980034
6,3	0,00	0	0	0,000980034
6,4	0,00	0	0	0,000980034
6,5	0,00	0	0	0,000980034
6,6	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,7	0,00	0	0	0,000980034
6,8	0,00	0	0	0,000980034
6,9	0,00	0	0	0,000980034
7,0	0,00	0	0	0,000980034
7,1	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,2	0,00	0	0	0,000980034
7,3	0,00	0	0	0,000980034
7,4	0,00	0	0	0,000980034
7,5	0,00	0	0	0,000980034
7,6	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,7	0,00	0	0	0,000980034
7,8	0,00	0	0	0,000980034
7,9	0,00	0	0	0,000980034
8,0	0,00	0	0	0,000980034

Validação 1

Camada	Parâmetro	
Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039432
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	60
	Carga de Sucção [mm]	37,44857
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coeficiente de escoamento	8 - 1,25 - 8
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

	Média	Soma(ob-cal)^2	Soma(ob-obm)^2	CA2CM2CB1 Nash-Sutcliffe
Alta	13,41	4452,395097	30168,08555	0,852413734
Média	5,94	3011,626432	3859,074865	0,219598858
Baixa	0,16	26,31497925	36,18928953	0,272851731
Total	6,50	7490,336508	34063,3497	0,78

HORAS (hora em hora)	Observado CA3 - hs (cm)	Calculado 2	(ob-Cal)^2	(ob-obmedia)^2
0,0	0,00	0	0	179,8757569
0,1	0,00	0	0	179,8757569
0,2	0,00	0	0	179,8757569
0,3	0,00	0	0	179,8757569
0,3	0,00	0,8757	0,76685049	179,8757569
0,4	0,00	1,3598	1,84905604	179,8757569
0,5	3,44	0,5288	8,448222411	99,52844122
0,6	8,29	1,8921	40,95808341	26,21262374
0,7	10,17	2,8293	53,93332562	10,48817753
0,8	16,03	4,4982	133,0235938	6,864445434
0,8	24,80	6,2076	345,6773378	129,6916277
0,9	44,23	9,5197	1204,804926	949,7628812
1,0	45,15	17,97	738,7524	1007,314812
1,1	46,95	26,9716	399,1364666	1124,812415

1,2	45,92	29,3333	275,1186169	1056,784576
1,3	45,92	29,5418	268,2454352	1056,784576
1,3	44,97	31,2327	188,7134113	995,9214516
1,4	43,89	33,5749	106,401288	928,9220895
1,5	42,94	32,9526	99,74815876	871,9159654
1,6	44,91	31,1205	190,1503103	992,1380648
1,7	45,89	37,2186	75,19317796	1054,834982
1,8	45,81	40,4522	28,70602084	1049,644867
1,8	42,90	45	4,41	869,5553075
1,9	43,86	45	1,2996	927,0942961
2,0	45,85	43,7671	4,33847241	1052,238324
2,1	45,84	45	0,7056	1051,58966
2,2	43,90	45	1,21	929,5317539
2,3	43,90	45	1,21	929,5317539
2,3	40,96	43,6473	7,22158129	758,9046015
2,4	39,03	41,6152	6,68325904	656,29336
2,5	36,09	40,2625	17,40975625	514,3018075
2,6	34,15	38,2104	16,48684816	430,0739015
2,7	31,23	36,1584	24,28912656	317,489078
2,8	28,31	34,1063	33,59709369	221,9570545
2,8	28,29	32,0542	14,16920164	221,3615256
2,9	25,38	30,0221	21,54909241	143,2383666
3,0	23,43	28,6695	27,45236025	100,3647961
3,1	23,51	26,6174	9,65593476	101,9741118
3,2	20,58	24,5653	15,88261609	51,38342385
3,3	18,65	22,5132	14,92431424	27,4389823
3,3	17,68	20,4612	7,73507344	18,21772929
3,4	16,70	18,4091	2,92102281	10,81241182
3,5	15,74	16,357	0,380689	5,420623272
3,6	12,81	14,3049	2,23472601	0,362135316
3,7	12,79	12,2528	0,28858384	0,386606388
3,8	9,89	10,2007	0,09653449	12,40291183
3,8	10,85	8,1487	7,29702169	6,56270037
3,9	7,93	6,1156	3,29204736	30,04987688
4,0	5,99	4,0635	3,71140225	55,08277086
4,1	5,99	2,0114	15,82925796	55,08277086
4,2	4,04	0	16,3216	87,83020038
4,3	2,10	0	4,41	127,9562944
4,3	2,10	0	4,41	127,9562944
4,4	1,16	0	1,3456	150,1060347
4,5	0,00	0	0	179,8757569
4,6	0,00	0	0	179,8757569
4,7	0,00	0	0	179,8757569
4,8	0,00	0	0	179,8757569
4,8	0,00	0	0	179,8757569
4,9	0,00	0	0	179,8757569
5,0	0,00	0	0	179,8757569
5,1	0,00	0	0	179,8757569

5,2	0,00	0	0	179,8757569
5,3	0,00	0	0	179,8757569
5,3	0,00	0	0	179,8757569
5,4	0,00	0	0	179,8757569
5,5	0,00	0	0	179,8757569
5,6	0,00	0	0	179,8757569
5,7	0,00	0	0	179,8757569
5,8	0,00	0	0	179,8757569
5,8	0,00	0	0	179,8757569
5,9	0,00	0	0	179,8757569
6,0	0,00	0	0	179,8757569
6,1	0,00	0	0	179,8757569
6,2	0,00	0	0	179,8757569
6,2	0,00	0	0	179,8757569
6,3	0,00	0	0	179,8757569
6,4	0,00	0	0	179,8757569
6,5	0,00	0	0	179,8757569
6,6	0,00	0	0	179,8757569
6,7	0,00	0	0	179,8757569
6,7	0,00	0	0	179,8757569
6,8	0,00	0	0	179,8757569
6,9	0,00	0	0	179,8757569
7,0	0,00	0	0	179,8757569
7,1	0,00	0	0	179,8757569
7,2	0,00	0	0	179,8757569
7,2	0,00	0	0	179,8757569
7,3	0,00	0	0	179,8757569
7,4	0,00	0	0	179,8757569
7,5	0,00	0	0	179,8757569
7,6	0,00	0	0	179,8757569
7,7	0,00	0	0	179,8757569
7,7	0,00	0	0	179,8757569
7,8	0,00	0	0	179,8757569
7,9	0,00	0	0	179,8757569
8,0	0,00	0	0	179,8757569
0,0	0,00	0	0	35,32101736
0,1	0,00	0	0	35,32101736
0,2	0,00	0	0	35,32101736
0,3	0,00	0	0	35,32101736
0,3	0,00	0,0981	0,00962361	35,32101736
0,4	0,00	0,6259	0,39175081	35,32101736
0,5	4,19	1,2492	8,659981914	3,066575544
0,6	6,02	1,9232	16,80134113	0,00624023
0,7	7,01	2,7796	17,9293485	1,146521339
0,8	5,98	1,4434	20,59205078	0,001451436
0,8	5,99	0,1079	34,61640589	0,002335022
0,9	5,04	0	25,40770903	0,814583428
1,0	5,96	0	35,53111025	0,000311488

1,1	6,94	0	48,19602458	0,998374455
1,2	6,96	0,1744	46,08216246	1,039656763
1,3	6,96	0	48,48036629	1,039656763
1,3	6,02	0	36,2662172	0,00624023
1,4	4,10	0	16,80971746	3,397324423
1,5	4,10	0	16,80971746	3,397324423
1,6	2,15	0	4,610099066	14,40987906
1,7	3,13	0	9,788463406	7,921392034
1,8	2,15	0	4,610099066	14,40987906
1,8	0,24	0	0,055300281	32,5811345
1,9	2,18	0	4,742757019	14,17794791
2,0	1,22	0	1,480354033	22,33933689
2,1	0,00	0	0	35,32101736
2,2	1,22	0	1,480354033	22,33933689
2,3	0,00	0	0	35,32101736
2,3	0,00	0	0	35,32101736
2,4	0,00	0	0	35,32101736
2,5	0,00	0	0	35,32101736
2,6	0,00	0	0	35,32101736
2,7	0,00	0	0	35,32101736
2,8	1,26	0,6967	0,314603668	21,95441028
2,8	1,26	0,1151	1,305295776	21,95441028
2,9	2,26	0	5,105710851	13,56866413
3,0	3,15	0	9,916835326	7,80670455
3,1	4,15	0	17,23152585	3,211484298
3,2	7,05	0,6431	41,10994246	1,235776348
3,3	10,01	1,604	70,65481004	16,53636357
3,3	11,89	3,9672	62,78537842	35,3760124
3,4	12,81	4,1371	75,23852373	47,16895018
3,5	12,81	4,2669	73,00359766	47,16895018
3,6	11,83	2,9346	79,12060498	34,65003007
3,7	11,85	1,6222	104,6084063	34,89118792
3,8	11,85	1,625	104,5511383	34,89118792
3,8	10,80	1,5778	84,99211347	23,55906346
3,9	11,85	1,5306	106,4905344	34,89118792
4,0	13,80	1,5636	149,7998897	61,77532023
4,1	15,78	4,5011	127,1273532	96,68843699
4,2	16,76	6,6824	101,5119629	116,9548325
4,3	17,65	8,109	90,97789334	136,9855932
4,3	17,65	8,8021	78,23638203	136,9855932
4,4	17,65	9,4941	66,47358163	136,9855932
4,5	18,63	10,1449	71,97606918	160,9250143
4,6	16,67	9,3837	53,02745628	114,9730051
4,7	15,70	9,3036	40,97287999	95,28605048
4,8	16,67	8,5437	65,96680847	114,9730051
4,8	18,63	8,465	103,3022434	160,9250143
4,9	18,69	7,7065	120,6398477	162,485205
5,0	17,71	7,6292	101,5938883	138,4253569

5,1	16,82	6,852	99,342298	118,2854591
5,2	15,84	6,0962	94,89336911	97,89863656
5,3	14,95	6,0216	79,68068926	81,08741852
5,3	13,95	5,2671	75,32360828	64,04590719
5,4	12,97	5,1939	60,5409098	49,4427679
5,5	11,02	4,4409	43,30893594	25,79323163
5,6	10,06	4,3691	32,39503146	16,95474962
5,7	10,04	3,6174	41,25383222	16,78676796
5,8	7,11	3,547	12,66594943	1,352049291
5,8	7,11	2,7967	18,56942285	1,352049291
5,9	7,11	2,7277	19,16885694	1,352049291
6,0	6,10	1,9788	17,01676952	0,025853409
6,1	4,17	1,9112	5,109118901	3,138611771
6,2	3,17	1,1437	4,104065885	7,692853365
6,2	1,25	0,3775	0,756675666	22,05032832
6,3	0,27	0	0,070667278	32,23191239
6,4	0,00	0	0	35,32101736
6,5	0,00	0	0	35,32101736
6,6	0,00	0	0	35,32101736
6,7	0,00	0	0	35,32101736
6,7	0,00	0	0	35,32101736
6,8	0,00	0	0	35,32101736
6,9	0,00	0	0	35,32101736
7,0	0,00	0	0	35,32101736
7,1	0,00	0	0	35,32101736
7,2	0,00	0	0	35,32101736
7,2	0,00	0	0	35,32101736
7,3	0,00	0	0	35,32101736
7,4	0,00	0	0	35,32101736
7,5	0,00	0	0	35,32101736
7,6	0,00	0	0	35,32101736
7,7	0,00	0	0	35,32101736
7,7	0,00	0	0	35,32101736
7,8	0,00	0	0	35,32101736
7,9	0,20	0	0,04	32,98375785
8,0	0,00	0	0	35,32101736
0,0	0,00	0	0	0,024765541
0,1	0,62	0	0,388983642	0,217449512
0,2	3,09	0	9,534228464	8,587149729
0,3	3,71	0,7149	8,979252757	12,631409440
0,3	2,36	4,8039	5,963727678	4,859621083
0,4	2,36	2,9456	0,340792622	4,859621083
0,5	1,64	1,419	0,047044081	2,186038437
0,6	0,96	0	0,923692412	0,645963377
0,7	0,29	0	0,081957317	0,016618090
0,8	0,24	0	0,055300281	0,006051192
0,8	0,00	0	0	0,024765541
0,9	0,00	0	0	0,024765541

1,0	0,00	0	0	0,024765541
1,1	0,00	0	0	0,024765541
1,2	0,00	0	0	0,024765541
1,3	0,00	0	0	0,024765541
1,3	0,00	0	0	0,024765541
1,4	0,00	0	0	0,024765541
1,5	0,00	0	0	0,024765541
1,6	0,00	0	0	0,024765541
1,7	0,00	0	0	0,024765541
1,8	0,00	0	0	0,024765541
1,8	0,00	0	0	0,024765541
1,9	0,00	0	0	0,024765541
2,0	0,00	0	0	0,024765541
2,1	0,00	0	0	0,024765541
2,2	0,00	0	0	0,024765541
2,3	0,00	0	0	0,024765541
2,3	0,00	0	0	0,024765541
2,4	0,00	0	0	0,024765541
2,5	0,00	0	0	0,024765541
2,6	0,00	0	0	0,024765541
2,7	0,00	0	0	0,024765541
2,8	0,00	0	0	0,024765541
2,8	0,00	0	0	0,024765541
2,9	0,00	0	0	0,024765541
3,0	0,00	0	0	0,024765541
3,1	0,00	0	0	0,024765541
3,2	0,00	0	0	0,024765541
3,3	0,00	0	0	0,024765541
3,3	0,00	0	0	0,024765541
3,4	0,00	0	0	0,024765541
3,5	0,00	0	0	0,024765541
3,6	0,00	0	0	0,024765541
3,7	0,00	0	0	0,024765541
3,8	0,00	0	0	0,024765541
3,8	0,00	0	0	0,024765541
3,9	0,00	0	0	0,024765541
4,0	0,00	0	0	0,024765541
4,1	0,00	0	0	0,024765541
4,2	0,00	0	0	0,024765541
4,3	0,00	0	0	0,024765541
4,3	0,00	0	0	0,024765541
4,4	0,00	0	0	0,024765541
4,5	0,00	0	0	0,024765541
4,6	0,00	0	0	0,024765541
4,7	0,00	0	0	0,024765541
4,8	0,00	0	0	0,024765541
4,8	0,00	0	0	0,024765541
4,9	0,00	0	0	0,024765541

5,0	0,00	0	0	0,024765541
5,1	0,00	0	0	0,024765541
5,2	0,00	0	0	0,024765541
5,3	0,00	0	0	0,024765541
5,3	0,00	0	0	0,024765541
5,4	0,00	0	0	0,024765541
5,5	0,00	0	0	0,024765541
5,6	0,00	0	0	0,024765541
5,7	0,00	0	0	0,024765541
5,8	0,00	0	0	0,024765541
5,8	0,00	0	0	0,024765541
5,9	0,00	0	0	0,024765541
6,0	0,00	0	0	0,024765541
6,1	0,00	0	0	0,024765541
6,2	0,00	0	0	0,024765541
6,2	0,00	0	0	0,024765541
6,3	0,00	0	0	0,024765541
6,4	0,00	0	0	0,024765541
6,5	0,00	0	0	0,024765541
6,6	0,00	0	0	0,024765541
6,7	0,00	0	0	0,024765541
6,7	0,00	0	0	0,024765541
6,8	0,00	0	0	0,024765541
6,9	0,00	0	0	0,024765541
7,0	0,00	0	0	0,024765541
7,1	0,00	0	0	0,024765541
7,2	0,00	0	0	0,024765541
7,2	0,00	0	0	0,024765541
7,3	0,00	0	0	0,024765541
7,4	0,00	0	0	0,024765541
7,5	0,00	0	0	0,024765541
7,6	0,00	0	0	0,024765541
7,7	0,00	0	0	0,024765541
7,7	0,00	0	0	0,024765541
7,8	0,00	0	0	0,024765541
7,9	0,00	0	0	0,024765541
8,0	0,00	0	0	0,024765541

Validação 2

Camada	Parâmetro	
Superfície	Altura da Berma [mm]	450
	Volume de Vegetação [fração]	0
	Rugosidade da Superfície	0
	Declividade da Superfície [%]	0
Solo	Espessura [mm]	450
	Porosidade [fração]	0,2325
	Capacidade de Campo [fração]	0,095
	Ponto de Murcha [fração]	0,039
	Condutividade Hidráulica [mm/h]	246,25
	Tangente Declividade	42,8
	Carga de Sucção [mm]	37,45
Armaz.	Espessura [mm]	580
	Volume de Vazios	0,664
	Taxa de Infiltração [mm/h]	54
	Fator de Colmatação	0
Dreno	Coeficiente de escoamento	8 - 1,25
	Expoente de escoamento	0,5
	Offset [mm]	120

	Média	Soma(ob-cal)^2	Soma(ob-obm)^2	CA4CM4 Nash-Sutcliffe
Alta	14,81	5610,337319	21790,60423	0,74253411
Média	0,51	96,19196387	26,63541596	-2,611430887
Baixa	-	-	-	-
Total	7,95	5923,338269	21960,76167	0,73

HORAS (hora em hora)	Oobservado CA3 - hs (cm)	Calculado 2	(ob-Cal)^2	(ob-obmedia)^2
0,0	0,00	0	0	219,2487989
0,1	0,00	0	0	219,2487989
0,2	0,00	0	0	219,2487989
0,3	0,00	0	0	219,2487989
0,3	0,00	2,4699	6,10040601	219,2487989
0,4	15,17	7,3765	60,78447384	0,133873651
0,5	16,08	12,0651	16,14277496	1,627805722
0,6	13,17	12,2374	0,867816395	2,683324761
0,7	13,18	10,1853	8,963383247	2,649932565
0,8	12,22	8,1533	16,52261374	6,702664831
0,8	11,25	6,817	19,62302416	12,67548018
0,9	11,25	5,5014	33,00948643	12,67548018
1,0	10,28	4,8775	29,13813132	20,53519548
1,1	8,44	2,8254	31,46863543	40,60188862
1,2	7,45	0,7733	44,62578443	54,07394776

1,3	10,38	0	107,6970365	19,61900024
1,3	14,30	0	204,6006917	0,253192648
1,4	19,18	8,3501	117,3059294	19,13042255
1,5	28,93	13,6958	232,2307456	199,5966144
1,6	35,69	16,1773	380,8709868	436,2318428
1,7	39,61	20,7324	356,3314427	615,1437229
1,8	40,51	20,9809	381,3422566	660,5842793
1,8	40,51	24,074	270,1054941	660,5842793
1,9	37,58	24,1828	179,6115011	518,8222146
2,0	34,69	22,1307	157,7669051	395,3805076
2,1	32,75	20,0786	160,5289655	321,8992254
2,2	29,81	18,0266	138,9478269	225,2148797
2,3	27,89	15,9745	142,0276386	171,2167693
2,3	24,97	13,9224	122,0024069	103,242215
2,4	23,02	11,8703	124,2047516	67,37070942
2,5	22,03	9,8182	149,2130818	52,22126643
2,6	18,14	7,7661	107,5763549	11,09522688
2,7	16,19	5,7141	109,6429041	1,899155278
2,8	16,19	3,662	156,829305	1,899155278
2,8	12,28	1,6099	113,8392529	6,388784049
2,9	11,32	0	128,1052447	12,17098296
3,0	10,34	0	106,8498655	19,98296944
3,1	9,36	0	87,52131953	29,72178916
3,2	7,48	0	56,0136445	53,62377997
3,3	6,51	0	42,41803375	68,79274985
3,3	5,53	0	30,59610896	86,03819075
3,4	4,57	0	20,88751212	104,7913895
3,5	2,60	0	6,744334499	149,0857283
3,6	0,00	0	0	219,2487989
3,7	0,65	0	0,428185165	200,2987402
3,8	0,00	0	0	219,2487989
3,8	0,00	0	0	219,2487989
3,9	0,00	0	0	219,2487989
4,0	0,00	0	0	219,2487989
4,1	0,00	0	0	219,2487989
4,2	0,00	0	0	219,2487989
4,3	0,00	0	0	219,2487989
4,3	0,00	0	0	219,2487989
4,4	0,00	0,1485	0,02205225	219,2487989
4,5	0,00	0,3842	0,14760964	219,2487989
4,6	1,02	0	1,045373938	190,0156669
4,7	3,07	0	9,408365443	137,8216465
4,8	4,10	3,3264	0,598403651	114,6417076
4,8	4,12	1,9736	4,608811424	114,2042336
4,9	3,14	0	9,852544829	136,1463305
5,0	1,20	0	1,431012384	185,2539593
5,1	0,21	0	0,046100991	212,9364136
5,2	0,00	0	0	219,2487989

5,3	0,00	0	0	219,2487989
5,3	0,00	0	0	219,2487989
5,4	0,00	0	0	219,2487989
5,5	0,00	0	0	219,2487989
5,6	0,00	0	0	219,2487989
5,7	0,00	0	0	219,2487989
5,8	0,00	0	0	219,2487989
5,8	0,00	0	0	219,2487989
5,9	0,00	0	0	219,2487989
6,0	0,00	0	0	219,2487989
6,1	0,00	0	0	219,2487989
6,2	0,00	0	0	219,2487989
6,2	15,32	1,1235	201,4293486	0,259109938
6,3	30,88	10,7615	404,6553063	258,2607664
6,4	38,67	25,7139	167,8217379	569,368826
6,5	42,50	31,8327	113,8475199	767,0453173
6,6	45,00	35,7381	85,78279161	911,6140887
6,7	45,00	38,9125	37,05765625	911,6140887
6,7	45,00	42,0668	8,60366224	911,6140887
6,8	44,58	44,3901	0,035373703	886,3199818
6,9	42,65	43,0777	0,18655811	774,9945503
7,0	40,68	42,4765	3,217716657	669,5491678
7,1	36,79	41,1242	18,80937806	483,1278591
7,2	36,88	39,0721	4,808629763	487,1815208
7,2	32,97	37,0201	16,37466117	330,0212142
7,3	31,02	34,968	15,58128045	262,8819469
7,4	30,06	32,9159	8,158462523	232,6401417
7,5	26,15	30,8638	22,1832059	128,7508366
7,6	27,13	28,8117	2,844253752	151,73697
7,7	24,27	26,7596	6,185099522	89,59685703
7,7	23,28	24,7076	2,035610627	71,80527618
7,8	21,33	22,6555	1,762255425	42,5227625
7,9	19,38	20,6234	1,558130828	20,86750616
8,0	18,40	19,2711	0,752147957	12,93684812
0,0	0,00	0	0	0,255723359
0,1	0,00	0	0	0,255723359
0,2	0,00	1,3476	1,81602576	0,255723359
0,3	2,02	4,067	4,172125337	2,306543601
0,3	2,70	7,4163	22,25075706	4,811609898
0,4	1,97	7,1018	26,30151097	2,153876626
0,5	1,97	5,7448	14,22421131	2,153876626
0,6	0,00	3,6928	13,63677184	0,255723359
0,7	0,00	1,6407	2,69189649	0,255723359
0,8	0,00	0	0	0,255723359
0,8	0,00	0	0	0,255723359
0,9	0,00	0	0	0,255723359
1,0	0,00	1,0372	1,07578384	0,255723359
1,1	1,57	1,9355	0,130284644	1,142460389

1,2	0,91	2,0831	1,376240062	0,163439443
1,3	2,25	1,4798	0,592218984	3,040373503
1,3	2,25	0,1457	4,42537553	3,040373503
1,4	1,52	0	2,32083468	1,035789867
1,5	0,80	0	0,636005504	0,085152236
1,6	0,00	0	0	0,255723359
1,7	0,74	0	0,541921849	0,053112938
1,8	0,00	0	0	0,255723359
1,8	0,00	0	0	0,255723359
1,9	0,00	0	0	0,255723359
2,0	0,00	0	0	0,255723359
2,1	0,00	0	0	0,255723359
2,2	0,00	0	0	0,255723359
2,3	0,00	0	0	0,255723359
2,3	0,00	0	0	0,255723359
2,4	0,00	0	0	0,255723359
2,5	0,00	0	0	0,255723359
2,6	0,00	0	0	0,255723359
2,7	0,00	0	0	0,255723359
2,8	0,00	0	0	0,255723359
2,8	0,00	0	0	0,255723359
2,9	0,00	0	0	0,255723359
3,0	0,00	0	0	0,255723359
3,1	0,00	0	0	0,255723359
3,2	0,00	0	0	0,255723359
3,3	0,00	0	0	0,255723359
3,3	0,00	0	0	0,255723359
3,4	0,00	0	0	0,255723359
3,5	0,00	0	0	0,255723359
3,6	0,00	0	0	0,255723359
3,7	0,00	0	0	0,255723359
3,8	0,41	0	0,16725983	0,00935415
3,8	2,48	0	6,172828567	3,915755512
3,9	3,15	0	9,916835326	6,987615082
4,0	4,50	0	20,23843944	15,94424337
4,1	3,82	0	14,6222725	11,01056434
4,2	3,15	0	9,916835326	6,987615082
4,3	4,50	0	20,23843944	15,94424337
4,3	4,50	0	20,23843944	15,94424337
4,4	3,15	0	9,916835326	6,987615082
4,5	3,15	0	9,916835326	6,987615082
4,6	3,82	0	14,6222725	11,01056434
4,7	3,15	0	9,916835326	6,987615082
4,8	1,81	0	3,275052011	1,70046687
4,8	1,81	0	3,275052011	1,70046687
4,9	1,13	0	1,288005229	0,395908004
5,0	0,52	0	0,271901761	0,000248095
5,1	1,20	0	1,431012384	0,476870803

5,2	0,52	0	0,271901761	0,000248095
5,3	0,00	0	0	0,255723359
5,3	0,52	0	0,271901761	0,000248095
5,4	0,00	0	0	0,255723359
5,5	0,00	0	0	0,255723359
5,6	0,57	0	0,327829267	0,004471971
5,7	0,57	0	0,327829267	0,004471971
5,8	1,25	0	1,555934569	0,550089358
5,8	1,30	0	1,686083625	0,628534784
5,9	0,63	0	0,401841742	0,01644009
6,0	1,36	0	1,849161959	0,729568762
6,1	1,41	0	1,990810128	0,819513301
6,2	1,41	0	1,990810128	0,819513301
6,2	1,41	0	1,990810128	0,819513301
6,3	1,36	0	1,849161959	0,729568762
6,4	2,02	0	4,098283987	2,306543601
6,5	1,30	0	1,686083625	0,628534784
6,6	1,30	0	1,686083625	0,628534784
6,7	1,30	0	1,686083625	0,628534784
6,7	1,97	0	3,893913382	2,153876626
6,8	0,63	0	0,401841742	0,01644009
6,9	0,57	0	0,327829267	0,004471971
7,0	1,25	0	1,555934569	0,550089358
7,1	1,97	0	3,893913382	2,153876626
7,2	2,02	0	4,098283987	2,306543601
7,2	1,36	0	1,849161959	0,729568762
7,3	2,09	0	4,350428181	2,496643439
7,4	1,46	0	2,137685166	0,914684709
7,5	1,52	0	2,32083468	1,035789867
7,6	0,85	0	0,720158106	0,117601208
7,7	1,57	0	2,479208832	1,142460389
7,7	2,25	0	5,05960986	3,040373503
7,8	1,64	0	2,676157281	1,277364483
7,9	0,96	0	0,923692412	0,207387528
8,0	1,01	0	1,024570997	0,256562483