



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MURILLO DO VALE SOUZA
PEDRO HENRIQUE FREITAS GUIMARÃES

CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE GOIANÉSIA
– GO NO MÊS DE MARÇO DE 2022: UM ESTUDO DE CASO

PUBLICAÇÃO Nº: 07

GOIANÉSIA – GO

2022



**MURILLO DO VALE SOUZA
PEDRO HENRIQUE FREITAS GUIMARÃES**

**CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE GOIANÉSIA
– GO NO MÊS DE MARÇO DE 2022: UM ESTUDO DE CASO**

PUBLICAÇÃO Nº: 07

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADOR (A): PROF.^a Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

GOIANÉSIA / GO

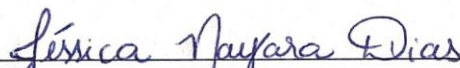
2022

MURILLO DO VALE SOUZA
PEDRO HENRIQUE FREITAS GUIMARÃES


**CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE
GOIANÉSIA – GO NO MÊS DE MARÇO: Um estudo de Caso**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO
DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.


APROVADO POR:



JÉSSICA NAYARA DIAS, Ma. (FACEG)
(ORIENTADOR)



VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)



IGOR CEZAR SILVA BRAGA, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: GOIANÉSIA/GO, 07 de JUNHO de 2022.

*Dedico este trabalho:
À minha mãe Maria Valdirene do Vale Souza
e ao meu irmão Handerson do Vale Souza.*

Murillo do Vale Souza

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus por ser durante todo esse período meu principal consolo e amigo. Apesar dos vários momentos e situações em que por algum instante me senti sozinho e sem direção, Ele (Deus) nunca me abandonou e sempre me mostrou o melhor caminho, sobretudo diante os meus vários tropeços no decorrer dessa trajetória. Não existem palavras para mensurar o sentimento de realização que ocupa meu interior, existe um filme com dezenas de capítulos em que, de forma clara, revivo todas as situações que de alguma forma me admitiu aprendizados e me fez uma pessoa melhor. Ao meu irmão Handerson Souza pelo incentivo e motivação, sempre em suas palavras me dizia: “Tenho orgulho de você! Admiro muito sua persistência e foco mesmo distante da família! ”. Agradeço também a minha mãe Maria Valdirene, meu pai Gilmar e minha irmã Lígia pelo apoio e por estarem ao meu lado em todos os momentos.

À minha orientadora, Ma. Jéssica Nayara Dias manifesto gratidão pela orientação, incentivo, confiança e amizade. Ao professor Me. Robson de Oliveira Felix pela disposição em ajudar, pelo vasto ensinamento repassado, aconselhamentos e sobretudo pela amizade.

Agradeço, também, aos meus colegas e amigos de turma que, somados os esforços, conseguimos com muita persistência alcançar o objetivo. Em especial ao Adeyler e ao Wewerthon que no decorrer desses anos estruturamos uma amizade que levarei para o resto da minha vida. Deixo registrado, também, minha admiração por uma pessoa que sempre esteve comigo, se faz presente nos melhores e piores momentos da minha vida, muito obrigado Marco Antônio Pereira de Sousa, você é um irmão para mim.

Murillo do Vale Souza

Agradeço primeiramente a minha família e em especial a minha esposa Camila por me apoiar e me incentivar e por compreender a minha ausência enquanto eu me dedicava a realização deste trabalho, ao meu pai Junio que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis ao longo de toda minha trajetória.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Pedro Henrique Freitas Guimarães

*“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os
melhores Engenheiros.”*
Jordan Lucas

RESUMO

Uma análise voltada para a caracterização pluviométrica de uma região é de fundamental importância para a engenharia e o gerenciamento dos recursos hídricos, tanto no quesito reaproveitamento como na prevenção de desastres naturais. No projeto de uma nova obra se faz necessário conhecer as características da chuva, com a finalidade de evitar possíveis problemáticas envolvendo desastres naturais, para tanto se faz necessário um estudo voltado para a precipitação do local. O presente estudo possui como objetivo realizar através de um estudo de caso a caracterização pluviométrica da cidade de Goianésia no mês de março. Dessa forma, durante um período de 15 dias realizou-se a determinação da medida de pluviometria, através da construção de um pluviômetro caseiro, a determinação da taxa de evapotranspiração, determinação da taxa de infiltração e de escoamento superficial. Os resultados demonstraram que a medida máxima coletada pelo pluviômetro caseiro foi de 60mm, o que equivaleu 4mm/dia de precipitação, equivalente a 4,34% da média anual da região de Goianésia. Na determinação da taxa de evapotranspiração, o resultado foi de 1,184mm/dia. Na determinação da medida de infiltração, onde se observou que o tempo de infiltração da água aumentou com a descida das camadas de água em quase todas as observações. Na determinação do escoamento superficial obteve-se o resultado de 81,22mm. Concluiu-se que a determinação da vazão de escoamento superficial é de extrema importância nos projetos de engenharia civil, e os dados apontaram bons índices pluviométricos, evapotranspiração e infiltração na região analisada.

Palavras-chave: Caracterização pluviométrica, Precipitação, Evapotranspiração, Escoamento superficial.

ABSTRACT

An engineering for both the analysis of resources and the prevention of natural disasters is fundamental for the analysis of water resources. No project a work is necessary as characteristics of the rain, in order to avoid disaster problems, for that it is necessary a natural study to know the probability of the place. The present study aims to carry out, through a case study, the rainfall characterization of the city of Goianésia in March. Thus, during a period of 15 days - the determination of the pluviometry was experimented, through the determination of a pluviometer, the determination of the evapotranspiration rate, the determination of the infiltration rate and the superficial realization. The results of at least 4, which is equivalent to a maximum annual measure of the collected Goianésia, equivalent to 4.% of the annual average of Goianésia. In determining the evapotranspiration rate, the result was 1,184 mm/day. In determining the measure, where it was observed that the water infiltration time increased with the rise of all water layers in almost all water layers in observations as observations. In determining the surface runoff, the result was 81.22mm. It was concluded that the intention is the determination of the intention of superficial execution is of importance in civil projects, and points out the pluviometric indices and the infiltration in the region of the data.

Keywords: Rainfall characterization, Precipitation, Evapotranspiration, Surface runoff.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo Hidrológico	4
Figura 2- Elementos de uma Bacia Hidrográfica	6
Figura 3- Pluviômetros. (a) pluviômetro automático modelo Campbell e (b) pluviômetro caseiro Pet.....	10
Figura 4- Precipitação pluviométrica	11
Figura 5- Tanque classe A	12
Figura 7- Bacias Hidrográficas do Estado de Goiás.....	19
Figura 8- Localização do Município de Goianésia em relação ao estado de Goiás.	21
Figura 9- Materiais utilizados na construção do pluviômetro caseiro.....	22
Figura 10- Pluviômetro caseiro construído para medição de chuva:a)Vista1; b)Vista2.	22
Figura 11- Pluviômetro caseiro, inserido em espaço aberto na Faculdade Evangélica de Goianésia	23
Figura 12- Análise referente ao volume de água coletado no pluviômetro.....	23
Figura 13- Material utilizado para a construção do mini tanque.....	24
Figura 14- Tanque Classe A em processo de construção para realização do experimento.	24
Figura 15- Materiais utilizados na construção do infiltrômetro caseiro.....	25
Figura 16- Infiltrômetro caseiro	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Coeficientes (k_p) para o tanque Classe A.....	13
Tabela 2- Medidas de chuva no pluviômetro caseiro.	27
Tabela 3- Dados locais para o cálculo do K_p	28
Tabela 4- Medidas de Infiltração.	29
Tabela 5- Parâmetros para o cálculo do escoamento superficial.....	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características Morfométricas das Bacias Hidrográficas	16
Quadro 2 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Chuva mensal média em Goianésia-GO.....	28
Gráfico 2 – Linha de capacidade de infiltração com barras de precipitação.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Dd – Densidade de Drenagem

F – Fator de Forma

FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia

IC – Índice de Circularidade

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

Kc – Coeficiente de Compacidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 CICLO HIDROLÓGICO	4
2.1.1 Bacias Hidrográficas	6
2.1.2 Precipitação	9
2.1.3 Evapotranspiração	11
2.1.4 Infiltração	13
2.1.4 Escoamento Superficial	15
2.2 GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS	16
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GOIANÉSIA - GO.....	19
2.3.1 Aspectos Históricos	20
2.3.2 Localização	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE PLUVIOMETRIA	21
3.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	24
3.3 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO	25
3.4 DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE PLUVIOMETRIA	27
4.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	28
4.3 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE INFILTRAÇÃO	29
4.4 DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

As chuvas extremas são responsáveis por problemas como deslizamentos de terra, alagamentos, inundações, causando problemas de drenagem urbana e rural. Destaca-se a necessidade de estudos de eventos extremos para avaliar o risco de desastres naturais, uma vez que as chuvas fortes, além de problemas de drenagem, podem ocasionar erosão do solo (BLANCO *et al.*, 2013).

Estruturas hidráulicas como canais, bueiros, reservatórios e barragens são projetadas para reduzir os impactos de eventos extremos de chuva. Na engenharia, destacam-se as edificações de drenagem e conservação do solo, como canais de drenagem, terraços, bueiros e também reservatórios ou barragens para armazenamento de água (DE PAULA *et al.*, 2012).

Ao projetar essas obras, é necessário conhecer as características da chuva que será utilizada no projeto, como altura, duração e frequência. Existem muitos estudos sobre chuvas fortes com duração diária inferior a 24 horas. Em projetos envolvendo grandes bacias, ou em estudos de drenagem, muitas vezes é necessário considerar a frequência de chuvas de longa duração (DU XUAN *et al.*, 2022).

A precipitação é um componente fundamental do ciclo global da água. Do ponto de vista físico, está intimamente relacionada à circulação atmosférica através da liberação de calor latente, mas também afeta a salinidade do oceano. Seu significado direto para os seres humanos está relacionado ao fato de ser sua principal fonte de água potável. Possui também uma dimensão econômica direta ou indireta, pois é vital para a maioria das atividades humanas. O setor agrícola é provavelmente um dos mais sensíveis à precipitação. No entanto, vários outros setores da economia são amplamente dependentes da água doce (VILA *et al.*, 2007).

De acordo com Pinheiro *et al.*, (2009) o pluviômetro é um excelente equipamento para medição da taxa de precipitação, de maneira a alertar a população acerca de possíveis inundações. Existem dois tipos desse equipamento, os digitais e os manuais. Os digitais são modelos mais sofisticados e profissionais, requerendo manutenção específica e tendo um custo mais elevado para sua aquisição. Os manuais são fáceis de usar, mas, de forma geral, apresentam uma baixa precisão.

Outro método complementar é a Evapotranspiração (ETP), que representa uma das saídas de água dentro do ciclo hidrológico, tendo sido esse termo utilizado por Thornthwaite no início da década de 40 para expressar a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Este fenômeno é controlado, em termos gerais,

pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (ALLEN *et al.*, 1998).

Sendo complementar a infiltração da água no solo, que se define como sendo a entrada de água na superfície do solo e seu subsequente movimento vertical através do perfil do solo. A infiltração desempenha um papel importante na partição da água de superfície aplicada em escoamento superficial e água subterrânea, ambos esses componentes regem o abastecimento de água para agricultura (ASSOULINE, 2013).

Em paralelo, a água da chuva ao atingir a superfície terrestre, pode escoar na superfície, em subsuperfície ou subterraneamente. O predomínio e a importância relativa desses tipos de escoamento dependem da combinação de diversos fatores, em especial as condições climáticas, as características morfométricas, as condições bióticas e edafológicas e as atividades antrópicas (BIGARELLA, 2003). O escoamento superficial “é aquele que ocorre livremente na superfície terrestre sobre uma película de água aderida ao solo, enquanto o subsuperficial acontece dentro da parte vazia do solo, entre os grãos, partículas e materiais semidecompostos relativamente soltos” (VILLELA, 1975).

Das fases básicas do ciclo hidrológico, talvez a mais importante para o engenheiro seja a do escoamento superficial, que é a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, pois a maioria dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento (DU *et al.*, 2022).

Dessa forma, devido a demanda que acerca o gerenciamento de recursos hídricos, no quesito reaproveitamento, e na prevenção de desastres naturais, o conhecimento voltado para a caracterização pluviométrica da região, é um fator muito importante. Assim, o conhecimento de precipitações se torna um quesito fundamental quando se trata de desenvolvimento socioeconômico de uma região ou bacia hidrográfica, auxiliando assim no planejamento hídrico (DU XUAN *et al.*, 2022).

1.1 JUSTIFICATIVA

A partir da abordagem Barrella (2001), que define bacia hidrográfica como um aglomerado de terras drenadas ou uma extensão de um escoamento que se dá de um rio primário ou principal para seus afluentes. Bem como, em virtude de seu relevo e das condições geográficas ali encontradas são formadas em áreas mais altas onde as águas advindas com as chuvas escoam de modo superficial constituindo os riachos e rios, ou por

outro lado, também podem ser absorvidas pelo solo constituindo as nascentes e o lençol freático. No entanto, vale destacar que são várias as definições correspondentes a bacias hidrográficas formuladas ao longo da história e que se faz- necessário adotar um ponto de partida a partir de uma óptica autoral.

Levando em consideração todas as informações preliminares já enunciadas, Tucci (2008) destaca que os municípios possuem uma legislação específica no que tange as questões relacionadas ao ambiente, bem como a sua degradação. Esta, por sua vez, está inserida no Plano Diretor Urbano documento este responsável por destacar questões essenciais em relação ao uso do solo, assim como as legislações ambientais. No entanto, por outro lado, Tucci (2008) enfatiza que mesmo sendo um documento que trata desta questão de modo relevante, não é mencionado nos mesmos aspectos que abordam a drenagem urbana, sendo esta pauta secundarizada.

Neste sentido, destaca-se que há uma preocupação quanto às questões relacionadas ao ambiente e seus impactos diante do processo acelerado de urbanização, no entanto, aspectos como alterações relacionadas ao clima e suas consequências, em especial, neste caso, aquelas específicas às bacias hidrográficas, ainda permanecem sem estudos em grande parte do mundo (IPCC, 2007; MOHAMMED, 2009).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo determinar, por intermédio de ensaios experimentais, as variáveis que compõem o ciclo hidrológico para a cidade de Goianésia-Goiás no mês de março de 2022.

1.2.2 Objetivos Específicos

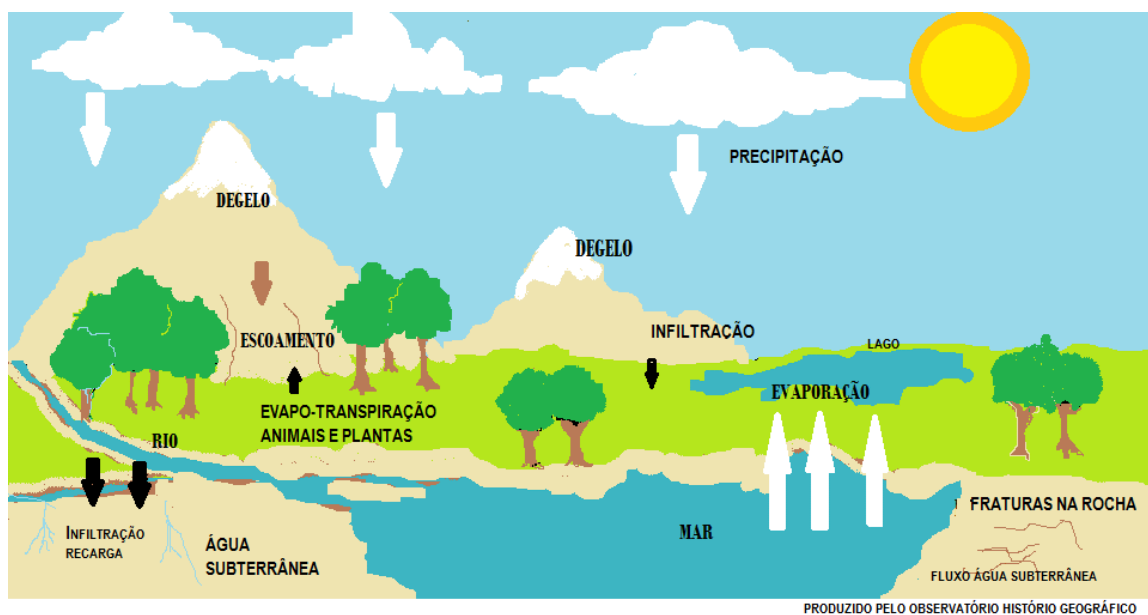
- Determinar as variáveis de evapotranspiração, infiltração e precipitação para determinar o escoamento superficial local;
- Comparar as variáveis obtidas de modo a verificar sua confiabilidade
- Analisar como se dão os fenômenos do ciclo hidrológico na cidade de Goianésia-GO.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

Um fator de grande importância para a compreensão de uma bacia hidrográfica é o ciclo hidrológico, cujo estudo é essencial para a rede de drenagem pluvial, a rede de esgoto e as usinas hidrelétricas. Tucci (2002) salienta que a função hidrológica de uma bacia hidrográfica é a de transformar a precipitação, a entrada de um volume concentrado em um tempo específico em escoamento, em uma saída de água de modo mais distribuído. Logo, o ciclo hidrológico é um elemento fundamental no que se refere à água doce existente no mundo. A Figura 1 apresenta as etapas que compõem o ciclo hidrológico, sendo elas: precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial.

Figura 1- Ciclo Hidrológico



Fonte: Observatório Histórico Geográfico (2016).

Tundisi (2005) enfatiza os conceitos que envolvem os elementos que compõem o ciclo hidrológico e dentre eles lista a precipitação, que é a água que chega à superfície terrestre em forma líquida (chuva) ou sólida (neve ou gelo). Conforme Tucci (2002) um outro importante fator é a evapotranspiração, que se refere a soma da evaporação e da transpiração. A evaporação é o processo em que a água passa da forma líquida para a fase gasosa (vapor d'água), o que se dá, em sua maior parte, na superfície dos oceanos, lagos, rios e represas. A transpiração, por sua vez, ocorre através do processo de respiração celular das plantas. Cabe ressaltar que a evapotranspiração depende das condições relacionadas aos raios e a radiação solar, assim como dos vapores do ar e dos ventos.

Define-se como infiltração o processo de entrada da água no solo, em áreas permeáveis. Esta tem como finalidade controlar e separar a água da chuva que é infiltrada, da água da chuva que fica disponível para o escoamento superficial. Assim sendo, tanto o controle como a separação da água infiltrada e da escoada, variam de acordo com a intensidade das chuvas e de acordo com o perfil da camada superficial dos materiais geológicos, que são determinadas através da taxa de infiltração. Dessa forma, se a intensidade da chuva for maior que a taxa de infiltração, parte dessa água vai estar disponível para o escoamento superficial e as demais irão infiltrar. Esse modelo de escoamento superficial é denominado escoamento superficial Hortoniano, e se origina da parcela do escoamento que possui origem da chuva e não obtém sucesso ao tentar infiltrar no solo, dessa maneira o mesmo flui sobre a superfície, com possibilidade ou não de alcançar os canais de drenagens (FAILACHE, 2018).

Como um fator de correlação dos fenômenos de circulação da água na terra, tem-se o balanço hídrico, que é definido como o ciclo hidrológico de forma simplória, sendo demonstrado a partir da concepção de entrada, variação no armazenamento e saída de água. Este é descrito em termos de uma equação que relaciona todos os processos que foram descritos anteriormente. Healy et al. (2007) apresenta a relação da Equação (1) como representativa do balanço hídrico.

$$P = ET + Q + \Delta S + SR + SG \quad (1)$$

Onde: P é a precipitação; ET é a evapotranspiração; ΔS a variação de armazenamento no solo; Q é o escoamento superficial; SR o escoamento subsuperficial e SG é o escoamento base. Por simplificação, em função dos parâmetros que são obtidos empiricamente, que são associados, pode-se escrever a relação para o balanço hídrico da forma apresentada na Equação (2).

$$P = ET + Q + I \quad (2)$$

Onde I é a infiltração, que engloba todos os parâmetros relacionados ao solo,.

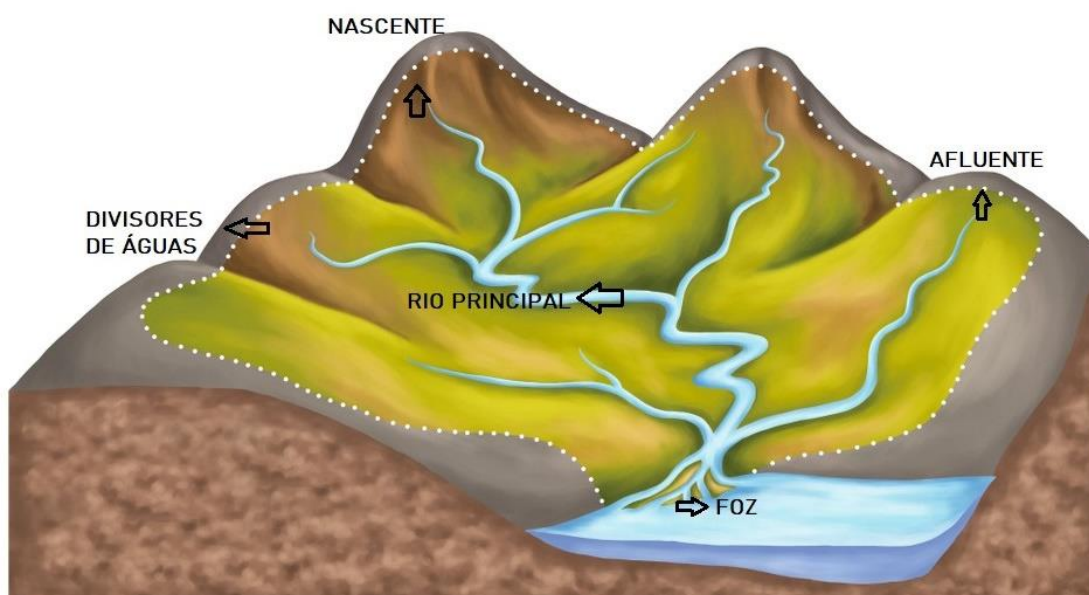
O balanço hídrico pode ser utilizado para diversas finalidades em estudos de dinâmicas de água do solo, principalmente no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos regionais, onde ainda que tal ferramenta apresente limitações na estimativa e determinação dos parâmetros e características, é primordial no entendimento voltado para a dinâmica de água da área pesquisada (FAILACHE, 2018).

2.1.1 Bacias Hidrográficas

De acordo com a Lei Federal de nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, as bacias hidrográficas são uma unidade territorial utilizada como apoio no planejamento e na gestão dos recursos hídricos do Brasil. As bacias hidrográficas são compreendidas ainda na perspectiva do planejamento territorial como uma unidade básica que colabora com a análise e com o desenvolvimento de ações e medidas com vistas a conexão entre a gestão dos recursos hídricos e ambientais.

Segundo Barrella (2001), os elementos básicos que compõem uma bacia hidrográfica são: a nascente, o rio principal, o divisor de águas, seus afluentes e foz ou exultório, conforme evidenciado na Figura 2. Compreender os elementos que compõem a bacia hidrográfica é essencial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil, uma vez que estes se relacionam de modo direto com aspectos como sustentabilidade e qualidade de vida.

Figura 2- Elementos de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Mundo Educação (2022).

A delimitação territorial atribuída às bacias hidrográficas no Brasil deu-se a partir da criação da Política Nacional de Recursos Hídricos por meio da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. No entanto, vale salientar que esta área, em alguns casos, acaba por se tornar uma zona de conflitos uma vez que pode gerar impactos diretos e danosos a natureza e conseqüentemente, à população que ali habita.

Vaeza *et al.* (2011), destacam a importância de se controlar o uso e a ocupação dos solos que compreendem as bacias hidrográficas, sendo esta uma forma de controle dos

recursos hídricos que a compõem. Logo, técnicas utilizadas para sensoriamento, caracterização morfométrica e civil tornaram-se essenciais na vigilância energética quanto ao uso e a ocupação dos solos das bacias hidrográficas, pois fornecem dados frequentes e atualizados de maneira ágil e com viabilidade econômica.

As bacias hidrográficas possuem duas subdivisões específicas: as sub-bacias e as microbacias hidrográficas. As sub-bacias são regiões de drenagem dos afluentes cujo fluxo d'água é o principal e que alguns autores adotam unidades de medidas distintas para delimitarem a sua extensão. Faustino (1996) descreve que sub-bacias são áreas que possuem entre 100 km² e 700 km². Por outro lado, Martins *et al.* (2005) reforça que estas possuem entre 20.000 ha e 30.000 ha que correspondem de 200 km² a 300 km². Santana (2003) acrescenta que as bacias hidrográficas podem ser divididas e darem origem a sub-bacias. Diante do exposto é possível observar que, em alguns casos, as bacias hidrográficas articulam-se entre si de modo que formem no final uma sub-bacia.

Para o engenheiro civil é importante compreender a morfometria de uma bacia hidrográfica a fim de conhecer os seus aspectos geométricos, de relevo e aqueles que envolvem as redes estruturais de drenagem. Esse controle estrutural possibilita evitar possíveis intercorrências por meio do diagnóstico obtido a partir de um estudo de campo. Assim, identificar vulnerabilidades é possibilitar planejamentos e ações que possam minimizar ou erradicar problemas de ordem físicas, sociais e econômicas (Martins *et al.*, 2005).

Pissara *et al.* (2004) destaca que o padrão de drenagem e do relevo, assim como aspectos relacionados a infiltração e o deflúvio advindo com as águas das chuvas são elementos importantes e que devem compor a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica. Tonello (2005) acrescenta que tais características podem ser classificadas em geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem, conforme Quadro 1.

Com base nos parágrafos anteriores, observa-se que são vários os fatores considerados essenciais para o diagnóstico situacional de uma bacia hidrográfica. O levantamento cartográfico, assim como a demarcação da área de uma bacia hidrográfica, pode ser determinado por meio de um mapa topográfico. Para tanto, considera-se as fórmulas para alcance dos dados morfométricos a partir dos olhares dos autores como Antoneli e Thomaz (2007), Christofolletti (1969), Villela e Mattos (1975), Tonello (2005) e Cardoso *et al.* (2006).

No que se refere as características geométricas, Tonello (2005) destaca que a área a ser verificada refere-se a toda extensão drenada pelo sistema pluvial compreendida dentre seus limites topográficos, traçada em um eixo horizontal constituindo assim, um meio fundamental para a estimativa de vários índices morfométricos. Já em relação ao perímetro, este mesmo autor cita que este refere-se a dimensão da linha imaginária por toda a extensão do limitador de águas.

Quadro 1- Características Morfométricas das Bacias Hidrográficas

Características Morfométricas	Tipos de Análises
Características Geométricas	Área Total Perímetro Total Coeficiente de Compacidade (Kc) Fator de Forma (F) Índice de Circularidade (IC) Padrão de Drenagem
Características do Relevo	Orientação Declividade Mínima Declividade Média Declividade Máxima Altitude Mínima Altitude Média Altitude Máxima Declividade Média do curso d'água principal
Características da Rede de Drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de Drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água

Fonte: Tonello (2005).

No que se refere às características de relevo, Villela e Mattos (1975) destacam a declividade e relacionam a mesma com a rapidez em que se dá o escoamento superficial, comprometendo assim o tempo necessário para que a água, advinda chuva, chegue até os leitos dos rios que compõem o circuito de drenagem. Nesse sentido, cabe ressaltar que as enchentes, as infiltrações e a vulnerabilidade para degradação dos terrenos dependerão da velocidade com que o escoamento aconteça sobre as áreas da bacia.

Em relação à altitude, Villela e Mattos (1975) reforçam que a variação desta dependerá das precipitações, assim como da evaporação e da transpiração, e acabam por afetar o escoamento médio. Estes autores também discorrem que as variações de altitudes significativas podem desencadear alterações relevantes na temperatura média, de modo a originar alterações na evapotranspiração. Citam ainda a amplitude altimétrica e referem-se a esta como as transições entre a altitude máxima e a mínima.

2.1.2 Precipitação

A precipitação é um componente fundamental do ciclo global da água. Do ponto de vista físico, está intimamente relacionada à circulação atmosférica através da liberação de calor latente, mas também afeta a salinidade do oceano. Seu significado direto para os seres humanos está relacionado ao fato de ser sua principal fonte de água potável. Possui também uma dimensão econômica direta ou indireta, pois é vital para a maioria das atividades humanas. O setor agrícola é provavelmente um dos mais sensíveis à precipitação. No entanto, vários outros setores da economia são amplamente dependentes da água doce (VILA *et al.*, 2007).

Eventos extremos associados a precipitação, como inundações ou secas, devido à abundância ou escassez de chuvas, respectivamente, podem ter efeitos prejudiciais e podem ser uma fonte de perigo em escalas regionais a globais. A precipitação pode moldar o ambiente, esta contribui para a manutenção da umidade do solo e dos reservatórios de água subterrânea. Enquanto isso, o escoamento da superfície, como resultado da precipitação, contribui para o fluxo hídrico, mas também pode erodir o solo da superfície e contribuir para o transporte de nutrientes e contaminantes na zona costeira (VILA *et al.*, 2007).

Segundo Ding *et al.*, (2014), a precipitação cai no solo nas formas de chuva, neve, granizo e outras, cada uma das quais tem impactos consideráveis no escoamento superficial e no balanço de energia. O estudo da precipitação é sempre em termos do seu aprimoramento, aproveitando os avanços tecnológicos, há a tentativa de se obter medições mais precisas e ainda compreender os processos que moldam a precipitação e seus caminhos no ciclo da água.

No que se refere aos instrumentos de medição, há dispositivos simples que podem ser utilizados, como aqueles que realizam coleta por medidores de chuva e, ainda, versões mais avançadas desse tipo de instrumentação de coleta, por exemplo, medidores de chuva autográficos. A coleta de dados por vários anos levou a um número significativo de estudos climatológicos regionais e posteriormente globais, na tentativa de revelar as características da variabilidade espaço-temporal da precipitação. Mais recentemente, dispositivos tecnologicamente sofisticados, colocados na superfície da Terra, como radares, ampliaram a visão espacial e temporal da precipitação e levaram a uma melhor compreensão de sua formação e composição e dos processos físicos subjacentes. A esse respeito, a sensação remota da precipitação desempenhou um papel importante na complementação e melhoria de nosso conhecimento de suas características espaciais e temporais (VILA *et al.*, 2007).

Os instrumentos que quantificam as chuvas (isto é, o fluxo da distribuição do tamanho da queda na superfície) medem diferentes propriedades do fluxo, dependendo do tipo de instrumento. Embora possa haver muitas maneiras de categorizar instrumentos de medição de chuva superficial, acontece que existem apenas alguns tipos diferentes. Portanto, é conveniente adotar duas categorias gerais de instrumentos de medição de superfície: (1) instrumentos que contam e medem gotas individuais e (2) aqueles que não o fazem (TURK *et al.*, 2000).

Ainda segundo Turk *et al.*, (2000), os instrumentos que contam e medem tamanhos de queda são definidos como disdrômetros. Os instrumentos que não contam as quedas medem uma quantidade média proporcional ao volume integrado de um conjunto de gotas de chuva; esses instrumentos são normalmente chamados de medidores de chuva. Um manômetro óptico tem propriedades de ambos os dois tipos, pois deduz quantidades de chuva com base na atenuação de um feixe de luz. No entanto, um manômetro óptico é normalmente projetado para gerar uma medida da taxa de precipitação, portanto, deve ser categorizado como um medidor de chuva e não um disdrômetro.

De acordo com Pinheiro *et al.*, (2009) o pluviômetro é um excelente equipamento para medição da taxa de precipitação, de maneira a alertar a população acerca de possíveis inundações. Existem dois tipos desse equipamento, os digitais e os manuais. Os digitais são modelos mais sofisticados e profissionais, requerendo manutenção específica e tendo um custo mais elevado para sua aquisição. Os manuais são fáceis de usar, mas, de forma geral, apresentam uma baixa precisão. A Figura 3 apresenta modelos de pluviômetros, em (a) pode-se observar um pluviômetro automático modelo Campbell e em (b) um pluviômetro caseiro construído com garrafa Pet.

Figura 3 – Pluviômetros. (a) pluviômetro automático modelo Campbell e (b) pluviômetro caseiro Pet.



(a)



(b)

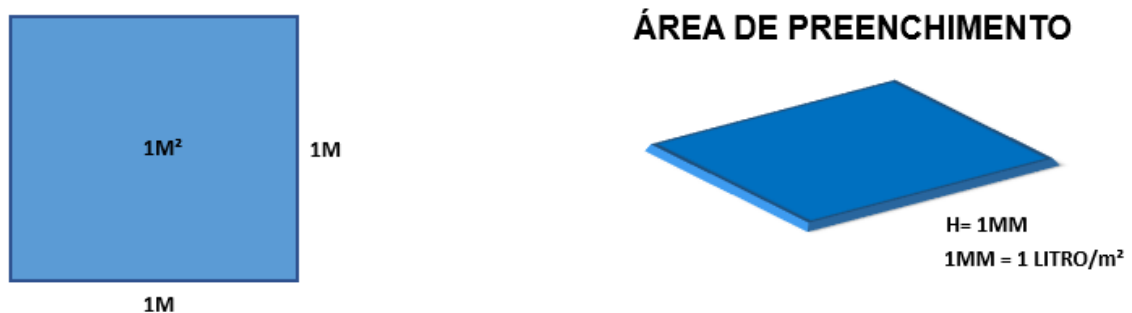
Fonte: Pinheiro *et al.*, (2009).

Para determinação da precipitação com a utilização de pluviômetro caseiro, faz-se uma relação entre a variação da altura da lâmina de precipitação medida e a variação de tempo de medição, relação esta exposta na Equação (3).

$$P = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (3)$$

Considerando o Brasil como um país de dimensão continental, espalhado por oito grandes bacias, é necessário planejar, desenvolver, operar e manter uma grande rede pluviométrica, bem como disseminar informações para diferentes usuários. A Rede Hidrometeorológica Nacional, atualmente gerida pela ANA (Agência Nacional de Águas), está instalada para reunir as informações necessárias aos estudos e projetos que precisam conhecer a disponibilidade hídrica e o potencial hidráulico das bacias hidrográficas brasileiras. As informações coletadas são processadas e enviadas ao Sistema Nacional de Informações sobre Águas - SNIRH, que é então disponibilizada aos usuários. Na Figura 4 pode-se visualizar a precipitação pluviométrica.

Figura 3- Precipitação pluviométrica



Fonte: Os autores (2022).

2.1.3 Evapotranspiração

A Evapotranspiração (ETP) representa uma das saídas de água dentro do ciclo hidrológico, tendo sido esse termo utilizado por Thornthwaite no início da década de 40 para expressar a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Este fenômeno é controlado, em termos gerais, pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (ALLEN *et al.*, 1998).

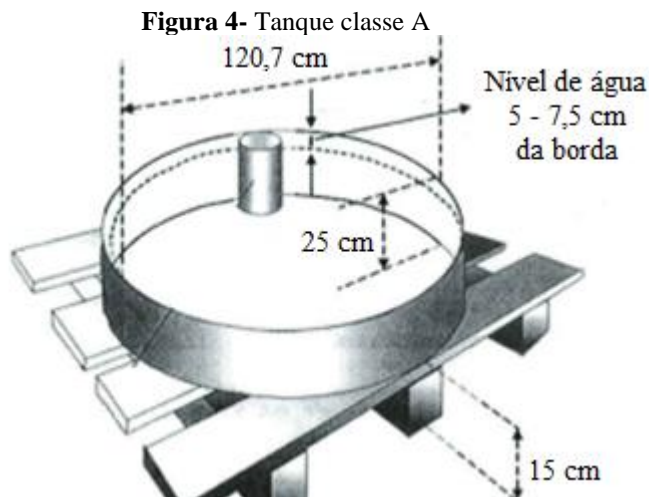
Dois são os principais termos de definição da ETP: a evapotranspiração potencial (ET_p), que representa a chuva necessária. Este é o processo de perda de água para a atmosfera considerando de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração; e a evapotranspiração real (ET_r), que

constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal (CAMARGO e CAMARGO, 2000). A ET_r é de difícil mensuração, desse modo, em geral, estabelece-se uma relação entre a evapotranspiração real e a potencial, que pode ser obtida por meio de modelos e relações matemáticas, que são os chamados métodos empíricos.

Vários são os métodos que podem ser usados para a estimativa da ETP, como processo de medição direta tem-se, por exemplo, o lisímetro, que simula a condição real de evaporação, sendo também chamados de evapotranspirômetros. Trata-se de depósitos enterrados com volume em torno de 1 m³. Esses depósitos são abertos na parte superior e preenchidos com solo e vegetação característica do local onde são colocados. Através dele, controla-se os volumes de água fornecidos, infiltrados e armazenados no solo.

Alguns métodos são bastante difundidos para a estimativa da ET_p são: método de Thornthwaite e método de Thornthwaite modificado por Camargo. Para o primeiro método, utiliza-se um conjunto de equações baseado em balanço hídrico de bacias hidrográficas e em medidas de evapotranspiração realizadas em lisímetros, e utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente. A segunda, por sua vez, é uma simplificação da primeira pelo fato de conter parâmetros de difícil obtenção (ALLEN *et al.*, 1998).

Outro método bastante difundido é Método do Tanque Classe A, onde é necessário construir um tanque de padrão conhecido para obtenção dos valores de evaporação de superfícies de água-livre (Figura 5). Esse método se baseia em aferir todos os dias a evaporação do tanque e a partir desse valor estimar a ET_0 , para fazer a conversão da evaporação utiliza-se um coeficiente adimensional (K_p), desenvolvida por Snyder (1992), que pode ser expresso através da Equação (4).



Fonte: Adaptado de Conceição (2001)

$$K_p = 0,482 + 0,0553 \text{ Log}(F) - 0,001354 Vv + 0,0045 UR \quad (4)$$

Onde: F representa a largura da bordadura ao redor do tanque (em m); Vv a velocidade média do vento (em ms^{-1}) e UR a umidade relativa do ar média (em %).

Assim, para a determinação da ET_0 utiliza-se a Equação (5), em que o coeficiente K_p é multiplicado pelo valor da evaporação medida no tanque Classe A (ECA), conforme demonstrado na Figura 6. Esse valor medido precisa ser corrigido por K_p para reduzir o valor medido a uma aproximação da evaporação que se deseja determinar (PEREIRA, VILLA NOVA e SEDIYAMA, 1997).

$$ET_0 = K_p \cdot ECA \quad (5)$$

Ainda segundo Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997), pode-se assumir K_p com um valor fixo de 0,66, que é comumente arredondado para 0,7, ou ainda obter seu valor por intermédio da tabela de coeficientes específica para tanque Classe A que é apresentada pela Tabela 1, do trabalho de Doorenbos & Kassam (1979).

Tabela 1- Coeficientes (k_p) para o tanque Classe A

V. Vento (m/s)	TANQUE SOBRE GRAMA				TANQUE SOBRE SOLO NU			
	Bordadura (m)	Umidade Relativa (%)			Bordadura (m)	Umidade Relativa (%)		
		< 40	40-70	>70		<40	40-70	>70
< 2,0	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,55	0,60	0,70
2,0 a 5,0	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,5	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
5,1 a 8,0	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
> 8,0	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: Doorenbos & Kassam (1979)

2.1.4 Infiltração

A infiltração de água no solo é um processo importante do ciclo da água em ecossistemas terrestres, o que influencia o balanço hídrico da vegetação, potencializando a perda de solo por erosão, escoamento e recarga das águas subterrâneas (LEUNG *et al.*, 2015).

Define-se como infiltração a entrada de água na superfície do solo e seu subsequente movimento vertical através do perfil do solo. A infiltração desempenha um papel importante na partição da água de superfície aplicada em escoamento superficial e água subterrânea, ambos esses componentes regem o abastecimento de água para agricultura (ASSOULINE, 2013) A infiltração de água de chuva e de superfície é influenciada por muitos fatores, incluindo profundidade e geomorfologia do solo, propriedades hidráulicas do solo e precipitação ou propriedades climáticas (SMITH, 2002).

Os pesquisadores entendem há muito tempo que a chuva molha o solo e pode produzir o escoamento. No entanto, somente a pouco houve conhecimento para descrever matematicamente a resposta de um solo à chuva e entender os parâmetros que afetam a infiltração (MORBIDELLI *et al.*, 2018). A evolução espaço-temporal da taxa de infiltração em condições naturais não pode ser deduzida atualmente por medições diretas em todas as escalas de interesse em hidrologia aplicada, e a modelagem da infiltração com auxílio de grandezas mensuráveis é de fundamental importância (MORBIDELLI *et al.*, 2018).

As mudanças no uso da terra podem causar uma mudança significativa nas propriedades físicas do solo e, assim, afetar as taxas de infiltração do mesmo (YIMER *et al.*, 2008). Estudos anteriores indicaram que a capacidade de infiltração do solo era controlada principalmente pelas características da vegetação e propriedades físicas do solo (LEUNG *et al.*, 2015), por exemplo, as mudanças no uso da terra, especialmente de floresta para pastagem e terras agrícolas, causam mudanças notáveis nas propriedades do solo, incluindo perda de matéria orgânica e aumento da densidade do mesmo, o que leva à diminuição da taxa de infiltração (MWENDERA E SALEM, 2010). Alguns pesquisadores sugeriram uma relação positiva entre a matéria orgânica do solo e a taxa de infiltração (MARTENS E FRANKENBERGER, 1992; OSUJI *et al.*, 2010).

Li *et al.*, (2013) relataram que a permeabilidade do solo apresentou respostas significativamente positivas para porosidade total, porosidade não capilar, teor de água inicial e capacidade de retenção de água do solo, enquanto teve uma correlação linear negativa significativa com a densidade do solo. Portanto, padrões razoáveis de uso da terra podem melhorar a capacidade de infiltração do solo por meio da alteração das propriedades físicas e químicas do solo, o que acaba influenciando os processos de redistribuição da água do solo (NERIS *et al.*, 2012).

A capacidade de infiltração do solo pode ser determinada pela taxa de infiltração local e taxa de infiltração constante. A taxa de infiltração inicial é a taxa predominante no início

(geralmente 3 min) e a taxa de infiltração constante é a taxa de infiltração média quando a taxa de infiltração se estabilizou (WANG *et al.*, 2015). Sendo um importante parâmetro hidrológico, a taxa de infiltração do solo pode ser usada como um indicador de degradação do solo e potencial de seca (WU *et al.*, 2016).

2.1.4 Escoamento Superficial

A água da chuva ao atingir a superfície terrestre, pode escoar na superfície, em subsuperfície ou subterraneamente. O predomínio e a importância relativa desses tipos de escoamento dependem da combinação de diversos fatores, em especial as condições climáticas, as características morfológicas, as condições bióticas e edafológicas e as atividades antrópicas (BIGARELLA, 2003). O escoamento superficial “é aquele que ocorre livremente na superfície terrestre sobre uma película de água aderida ao solo, enquanto o subsuperficial acontece dentro da parte vazia do solo, entre os grãos, partículas e materiais semi-decompostos relativamente soltos” (VILLELA, 1975).

Das fases básicas do ciclo hidrológico, talvez a mais importante para o engenheiro seja a do escoamento superficial, que é a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, pois a maioria dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento (DU *et al.*, 2022).

O escoamento superficial abrange desde o excesso de precipitação que ocorre logo após uma chuva intensa e se desloca livremente pela superfície do terreno, até o escoamento de um rio, que pode ser alimentado tanto pelo excesso de precipitação como pelas águas subterrâneas (DU *et al.*, 2022).

Conforme Bigarella (2003), a água que não se infiltra na superfície do terreno continua a fluir vertente abaixo, até encontrar um solo mais permeável ou atingir um canal definido de drenagem, ou, eventualmente, um rio. Os fatores que mais influenciam no escoamento superficial variam desde a natureza climática (intensidade e duração da precipitação), à precipitação ou as características físicas da bacia devido a extensão estar relacionada à maior ou menor quantidade de água que ela pode captar. A vazão de escoamento superficial (Q), pode ser calculada através da Equação (2), apresentada neste trabalho, isolando a vazão na equação após a obtenção dos demais parâmetros.

2.2 GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS

Aos longos dos anos e com vistas ao processo de urbanização de modo acelerado, bem como de seus impactos negativos por meio das ações humanas sobre o meio ambiente, tem-se evidenciado inúmeros prejuízos que devem estimar a reflexão destes agentes quanto a sua responsabilidade no agir imediato a fim de garantir um meio ambiente mais sustentável nas próximas décadas. Logo, são vários os exemplos de degradações causadas pelo próprio ser humano que também, diante das consequências geradas no meio ambiente em que vive, o impactam de forma negativa. Por sua vez, estes agravos podem relacionar-se às contaminações, aos cursos de águas assoreados, as enchentes, dentre vários outros comprometendo a qualidade de vida conforme lista o Quadro 2 (TUCCI, 2012; SALLA, 2013).

Quadro 2 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações.

Causas	Efeitos
Impermeabilizações	Elevados picos e vazões das chuvas
Redes de Drenagem	Maiores picos a jusante dos cursos d'água
Resíduos sólidos	Degradação da qualidade da água
	Obstrução de bueiros e galerias
Redes de esgoto deficientes	Degradação da qualidade da água
	Doenças de veiculação hídrica
	Inundações
Desmatamento e Desenvolvimento Indisciplinado	Maiores picos e volumes das chuvas
	Aumento no número de erosões
	Assoreamentos em canais e galerias
Ocupação das encostas	Maiores picos de vazão das chuvas
	Deslizamentos de terras
	Maiores custos de utilidades públicas

Fonte: Tucci (2012) - ADAPTADO.

É nesta perspectiva que as produções científicas que envolvem discussões relacionadas a essas temáticas, assim como os meios de comunicações tem divulgado uma crescente degradação do meio ambiente e, em especial como consequência deste cenário, a insuficiência de água consumível. Tais apontamentos emergem como alguns dos mais relevantes problemas de saúde pública a serem enfrentados pela humanidade no século 21, sendo estes comprometidos ainda mais quando se leva em consideração as bacias hidrográficas situadas em áreas onde os índices de urbanização são elevados. É este aumento significativo na demanda de água de boa qualidade, assim como, a poluição dos cursos desta mesma água como condição secundária desse processo de urbanização que fazem com que sejam lançadas águas residuárias e sem tratamento nessas bacias (SALLA, 2013).

Von Sperling (2007) destaca que a qualidade de uma determinada água se dá pelo modo de uso e pela forma de ocupação do solo na bacia hidrográfica. A partir desta observação, nota-se que com base no perfil da grande maioria dos municípios brasileiros, sendo estes carentes quanto aos recursos financeiros, a autodepuração, ou seja, o método natural onde os efluentes ou as chamadas cargas poluidoras orgânicas lançadas na água e, por conseguinte, neutralizadas, emerge como uma alternativa se utilizada conforme as técnicas corretas.

Dessa forma, é reforçado que o desenvolvimento sustentável e o uso responsável dos recursos hídricos devem levar em consideração a relação existente entre a quantidade e a qualidade da água. Paredes, Andreu e Solera (2010), destacam a existência de pesquisas científicas que contemplam como assunto a gestão de bacias hidrográficas, mas que não consideram os aspectos relacionados a qualidade da água. Em virtude deste cenário, alguns estudiosos como Arnold e Orlob (1989), Strzepek, García e Over (1989) e Paredes e Lund (2006) tem-se debruçado frente a esta temática buscando solucionar esta lacuna e neste sentido, relacionar a qualidade da água a partir do gerenciamento desta nas bacias hidrográficas.

É importante salientar que alguns modelos hidrológicos responsáveis pelas drenagens urbanas precisam ter conhecimento da região impermeável, bem como se dá as variações das condições em que ocorrem o escoamento das bacias hidrográficas em virtude da ocupação do solo, pois a ampliação das regiões impermeáveis aumenta significativamente o escoamento superficial (CENTENO *et al.*, 2003).

Alves *et al.* (2014) destacam que é fundamental compreender o ambiente físico a fim de dar subsídio ao processo de ocupação e manejo dessas bacias. Para tanto, o reconhecimento dos terrenos onde há vulnerabilidade natural intensificadas pelo antropismo é também entender quais são as características morfométricas e físicas de um elemento geoambiental a fim de consentir o delineamento adequado a ocupação desta área de modo não degradável.

Diante do exposto, observa-se que há uma grande importância na participação do engenheiro civil neste planejamento e nesta organização. Conhecendo os preceitos básicos dos fenômenos hidrológicos, esses profissionais conseguem realizar um estudo de como se dá o ciclo hidrológico na região de estudo, caracterizando os fenômenos de precipitação, evapotranspiração e infiltração de modo a estimar o deflúvio, escoamento superficial. O profissional consegue ainda analisar como se dá, naquela região, o processo de

impermeabilização do solo, assim como a ocupação populacional dos fundos de vales e terrenos de enchente, problemas estes que podem desencadear dificuldades crônicas como as enchentes.

Vale destacar que tais dificuldades acarretam ainda em impactos relevantes nas condições e a qualidade de vida da população que habita esses locais, conseqüentemente, originando danos econômicos. Logo, o engenheiro civil poderá contribuir para com a manutenção e prevenção dos recursos hídricos das bacias hidrográficas. Todavia, é notório que este profissional possui uma participação ainda embrionária na esfera das discussões que envolvem as bacias hidrográficas (XAVIER *et al.*, 2016).

A construção civil é uma das áreas profissionais que mais fazem o uso destes recursos, como nos processos de compactação do solo, a lavagem de agregados e produção de concreto (ROSA, 2010). Silva e Santana (2014) acrescentam que a adoção de condutas sustentáveis é controlar o volume drenado deste recurso e o bom emprego da água pluvial a fim de consentir a sua utilização em fins não próprios para o consumo humano, ou seja, a redução do consumo de água potável de modo sustentável e exequível.

Por fim, recomenda-se que estes profissionais estejam mais atentos quanto aos problemas que envolvem a área ambiental urbana a fim de deliberarem e colaborarem com o planejamento, bem como com a efetivação prática de ações que sejam sustentáveis no que se refere a manutenção dos recursos hídricos. Logo, o conhecimento da engenharia civil é indispensável para o planejamento urbano e ambiental, conseqüentemente, para com a tomada de decisão que envolvem esta temática o que, de fato, aguça a necessidade de fazê-los reconhecer o quanto a sua atuação ativa nos comitês de bacias hidrográficas poderá contribuir com a conservação deste recurso (XAVIER *et al.*, 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foi realizada a caracterização pluviométrica da região, através de um levantamento realizado via site Weaher Spark, com a finalidade de definir a pluviometria da região de Goianésia no mês de março. A coleta de dados pluviométricos foi realizada na Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, localizada na Rua 18, s/n – Goianésia, GO, latitude 15.3264947, longitude: 49.1284098. Os dados coletados foram analisados no Laboratório de Materiais e Estruturas da FACEG.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GOIANÉSIA - GO

A cidade de Goianésia está localizada na região central do Estado de Goiás e tem como atividade essencial a cana-de-açúcar. O município pertence à bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia conforme ilustrado na Figura 7. Através da imagem é possível observar que o Estado de Goiás se encontra permeado por três bacias hidrográficas, sendo elas a Bacia do São Francisco, a Bacia do Paranaíba e a Bacia Tocantins-Araguaia, responsável por cobrir a maior parte deste Estado.

Figura 5- Bacias Hidrográficas do Estado de Goiás.



Fonte: Bayer (2022).

3.1.1 Aspectos históricos

O município de Goianésia teve origem em 1857, quando Manoel de Barros solicitou a Paróquia da Vila de Jaraguá o registro de mais de 3.400 alqueires de terra situados nesta região. Mais adiante, já na década de 20, Ladislau Mendes Ribeiro, cônjuge de uma das netas do dono dessas terras anteriormente adquiridas, edificou sua morada às beiras do Córrego Calção de Couro, o que permitiu o início das explorações destes terrenos (GOIANÉSIA, 2012).

Já em outubro de 1943, o senhor Laurentino Martins Rodrigues ergueu um cruzeiro não muito distante da mencionada morada, dando início ao desenvolvimento do povoamento. No ano de 1948 o Distrito de Goianésia foi criado sendo este, inicialmente, dependente da cidade de Jaraguá, no entanto, em 24 de junho de 1953, Goianésia, até então distrito, passou a ser categorizada como um município e desmembrou-se de Jaraguá. Vale destacar que neste período esta área tinha como atividade relevante a produção de café, mas que a instalação de grandes corporações agrícolas também colaborou com o desenvolvimento desta região. Assim, considerando a data de 23 de dezembro de 1857, torna-se plausível fazer um esboço sobre a história deste município até a atualidade (GOIANÉSIA, 2012).

O nome Goianésia foi escolhido por Laurentino, sendo este influenciado por nomes de outros municípios já existentes como Goianápolis, Groelândia, Goiatuba, dentre outros. Laurentino, leitor assíduo, teve conhecimento de havia um concurso para o desígnio do nome da nova capital do Estado de Goiás e dentre os indicados por José Frauzino Pereira Sobrinho existia o nome Goianésia. Sendo assim, este nome foi escolhido a partir de um acordo estabelecido entre Laurentino, José Carrilho e Paulo Bergamelli (GOIANÉSIA, 2012).

3.1.2 Localização

O município de Goianésia possui área total de 1.547,65 km² e altitude de 640 metros, tendo uma população de 59.549 habitantes, com base nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Já em relação as suas divisões territoriais, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística descreve que Goianésia faz parte da mesorregião Centro Goiano, considerada uma das cinco mesorregiões existentes no estado de Goiás (IBGE, 2011).

A mesorregião Centro Goiano é constituída pela união de 82 (oitenta e dois) municípios goianos associados a cinco microrregiões sendo elas: Anápolis, Anicuns, Ceres, Goiânia e Iporá. Destaca-se que a capital, Goiânia, é a cidade com o maior número de habitantes (IBGE, 2011). A vista disso, a microrregião a qual pertence a cidade de Goianésia

é a de Ceres e, compõem essa microrregião mais 21 (vinte e um) outros municípios. Quanto as suas coordenadas geográficas, o município possui a Latitude de 15° 19' 1" Sul e a Longitude de 49° 7' 1" Oeste (Figura 8).

Figura 6- Localização do Município de Goianésia em relação ao estado de Goiás.



Fonte: Wikipédia (2021).

3.2 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE PLUVIOMETRIA

De modo a determinar a quantidade de precipitação, em mm de chuva, da região escolhida, foi construído um pluviômetro, segundo a metodologia proposta por Pinheiro, Dereczynski & Hora (2009). Para construção do dispositivo de medição foram utilizados os seguintes materiais: uma garrafa pet, uma fita adesiva, um estilete, brita 0, água e uma régua de medição (Figura 9).

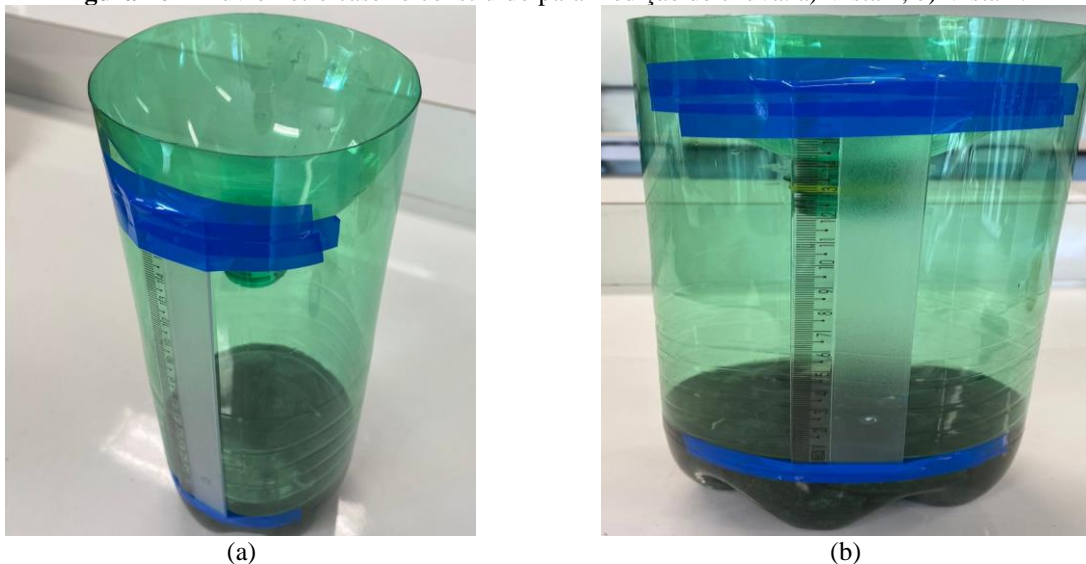
Figura 7- Materiais utilizados na construção do pluviômetro caseiro



Fonte: Os autores (2022).

Os passos para sua obtenção foram: cortou-se a parte superior da garrafa PET com o auxílio de um estilete, essa parte foi inserida dentro da garrafa conforme exposto na Figura 5, posteriormente foi inserido uma régua transparente, e aderida a garrafa PET com o auxílio de uma fita adesiva. As Figuras 10 (a) e (b) apresentam o resultado final do dispositivo desenvolvido.

Figura 10 – Pluviômetro caseiro construído para medição de chuva: a) Vista 1; b) Vista 2.



Fonte: Autoria própria (2022).

Após sua construção, o pluviômetro caseiro foi colocado em um espaço aberto localizado na FACEG, conforme Figuras 11 (a) e (b), para coleta da água da chuva e determinação da sua medição.

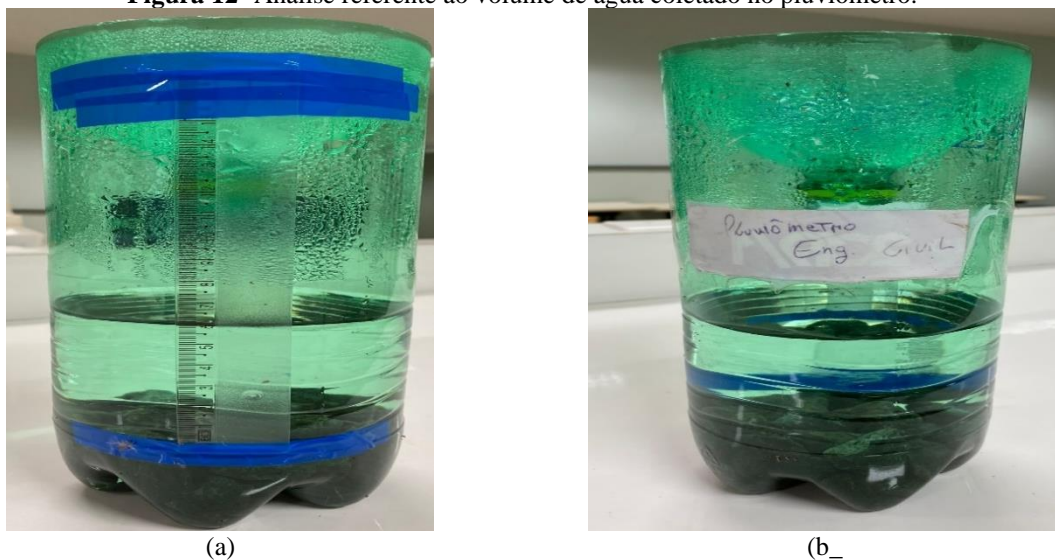
Figura 11- Pluviômetro caseiro, inserido em espaço aberto na Faculdade Evangélica de Goianésia.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O dispositivo foi deixado em campo por um período de 15 dias, onde houve medição diária. Após esse tempo, retirou-se o material do ponto de coleta e este foi encaminhado para o laboratório de Materiais e Estruturas para análise dos resultados. Para determinação do volume (em mL) coletado durante o tempo de análise, utilizou-se a régua inserida no pluviômetro. As Figuras 12 (a) e (b) mostram o pluviômetro construído após o ensaio com o volume coletado.

Figura 12- Análise referente ao volume de água coletado no pluviômetro.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para determinação da precipitação durante o período de teste, fez-se uma relação entre a variação da altura da lâmina de precipitação medida e a variação de tempo de medição, relação esta exposta na Equação (2) deste trabalho.

3.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Sabe-se que a evapotranspiração contabiliza a perda de água para atmosfera por intermédio da evaporação direta e da transpiração das plantas. Não sendo possível realizar a medição referente à vegetação, o experimento realizado neste trabalho mediu apenas a evaporação. Para tanto, conforme metodologia proposta por Conceição (2001), foi construído um mini tanque. Para construção do mini tanque os seguintes materiais foram utilizados: tanque Classe A (circular), suporte (pallet) e água (Figura 13). O mesmo após finalizado foi colocado nas dependências da FACEG.

Figura 8- Material utilizado para a construção do mini tanque



Fonte: Autoria própria (2022).

Para obtenção do valor da ET_0 (evapotranspiração de referência), a medição da taxa evaporativa foi realizada todos os dias no tanque classe A, apresentado na Figura 14. Os dados foram obtidos levando em consideração as condições de contorno à evaporação média local. Diante de tais resultados foi considerada também a média anual de evaporação, sendo assim possível realizar o cálculo do balanço.

Figura 94- Tanque Classe A em processo de construção para realização do experimento.



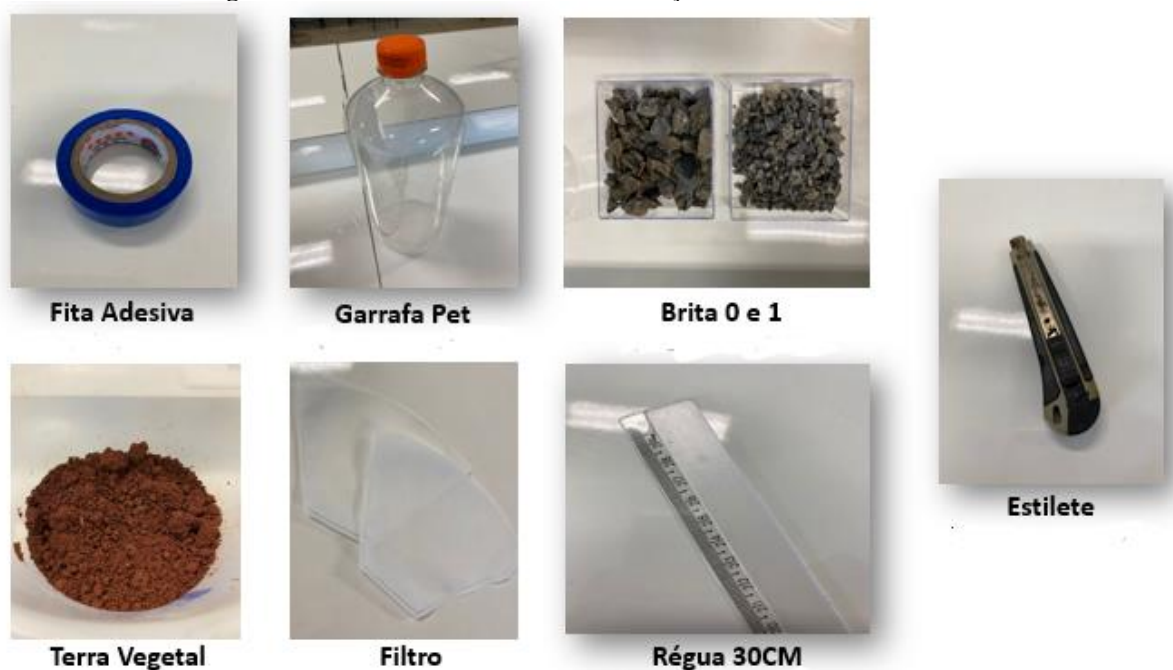
Fonte: Autoria própria (2022).

Para realizar a conversão da evaporação do tanque em ET_0 , foi utilizado o coeficiente (K_p), que varia de acordo com a bordadura ao redor do tanque (F), da velocidade do vento (Vv) e da umidade relativa do ar (UR). Neste trabalho, utilizou-se a Equação (4) para a determinação desse parâmetro.

3.3 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE INFILTRAÇÃO

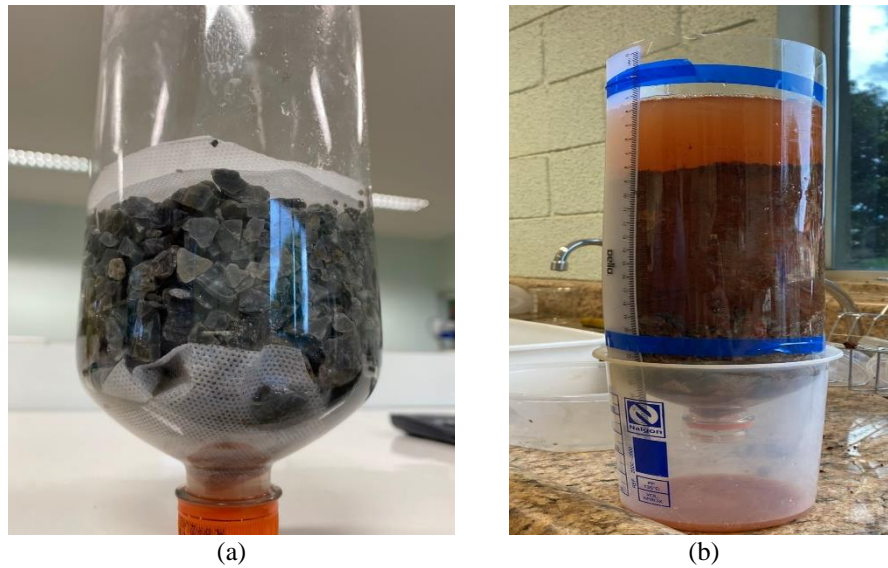
O levantamento de infiltração foi realizado conforme metodologia proposta por Junior *et al.*, (2019) com adaptações, para tanto foi utilizado uma amostra de nitossolo (Solo Vermelho) retirado da FACEG. O infiltrômetro foi construído utilizando como materiais: uma garrafa PET, manta geomembrana, régua de 30cm, brita 0 e brita 01 e fita adesiva, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 105- Materiais utilizados na construção do infiltrômetro caseiro



Fonte: Autoria própria (2022).

Para a construção do infiltrômetro, a garrafa pet foi cortada e foi colocado em seu interior as britas e o solo, retirado da FACEG. Posteriormente a régua milimétrica foi presa à garrafa para medição da infiltração da água a ser adicionada. A Figura 16 (a) e (b) ilustram o processo e resultado final do infiltrômetro fabricado.

Figura 16- Infiltrômetro caseiro.

Fonte: Autoria Própria, 2022.

O ensaio de infiltração foi realizado com o auxílio do infiltrômetro caseiro apresentado na Figura 16 (b). Inicialmente saturou-se o solo para posteriormente realizar a aferição da infiltração. Considerou-se uma altura total de 70 mm de água, e cronometrou-se o tempo necessário para a água infiltrar a cada 10 mm.

Após a obtenção dos dados do ensaio, a infiltração média (I_m) foi calculada utilizando a expressão dada pela Equação (6).

$$I_m = \frac{\sum \left(\frac{\Delta H}{\Delta T} \right)}{\sum \text{repetições}} \quad (6)$$

Onde: $\frac{\Delta H}{\Delta T}$ representa a relação entre os resultados obtidos, ou seja, a taxa de infiltração por tempo e as repetições fazem referência a quantidade de vezes que o teste foi feito considerando uma infiltração de 10 mm de água.

3.4 DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Levando em consideração a formulação do balanço hídrico, cuja relação entre os fenômenos participantes é apresentada na Equação (2), para a obtenção do escoamento superficial (Q) basta isolar esse componente na equação, uma vez que todos os demais foram obtidos experimentalmente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta sessão apresenta os resultados da pesquisa de acordo com o procedimento metodológico apresentado no tópico 3. Apresenta-se, dessa forma, o resultado da obtenção da pluviometria, a taxa evaporativa medida e a taxa de infiltração para obtenção da taxa de escoamento superficial.

4.1 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE PLUVIOMETRIA

Conforme descrição do experimento, apresentada na seção 3.1 deste trabalho, a análise teve duração de 15 dias com medição diária do nível da lamina d'água. Dentro desse período, houve somente 5 dias em que ocorreu precipitação, as medições, diárias e acumuladas, são apresentadas na Tabela 2.

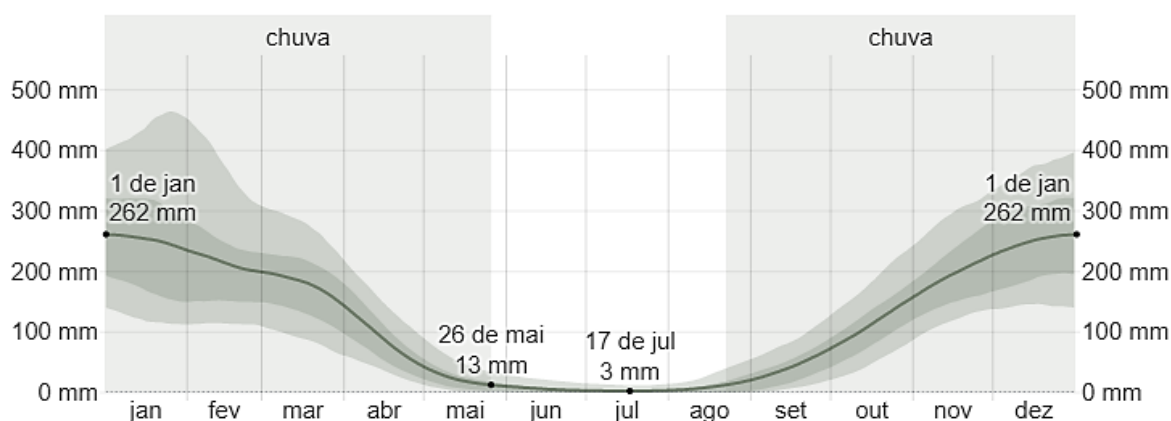
Tabela 2- Medidas de chuva no pluviômetro caseiro.

Dia (nº)	Medida diária (mm)	Medida acumulada (mm)
1	16	16
2	12	28
3	9	37
4	18	55
5	5	60

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Analisando a Tabela 2 é possível observar que o valor máximo de água coletado pelo pluviômetro caseiro foi de 60 mm, o que equivale a 60L/m². Posteriormente, utilizando a Equação (3), obteve-se a medida de precipitação para a análise proposta, com 60 mm de altura de lâmina coletada e 15 dias de análise, obtendo o resultado de 4 mm/dia de precipitação.

O resultado obtido equivale a 4,34% da média anual (1,383mm) da região de Goianésia-GO. Segundo dados disponíveis no site de pesquisas meteorológicas WeatherSpark (2022), a cidade tem um período chuvoso do ano com duração de 9,1 meses, de 22 de agosto a 26 de maio, com precipitação de chuva de 31 dias contínuos mínima de 13 mm. O mês mais chuvoso em Goianésia é janeiro, com média de 254 mm de precipitação de chuva. A Figura 16 mostra a precipitação média de chuva acumulada (linha contínua) durante um período contínuo de 31 dias ao redor de cada dia do ano, ou seja, a precipitação mensal média na cidade de Goianésia – GO.

Gráfico 01- Chuva mensal média em Goianésia-GO.

Fonte: Weather Spark (2022).

Conforme pode-se observar pela Figura 17, no mês de março a precipitação média medida para a cidade de Goianésia varia entre 140 e 200 mm, aproximadamente. Levando em consideração que o período de análise estabelecido neste trabalho foi de 15 dias, obtendo assim uma medida de precipitação de 4 mm/dia, para todo o mês de março, que possui 31 dias, a medida seria de 124 mm, valor próximo ao estimado pelo gráfico da Figura 13.

4.2 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A obtenção da evaporação foi realizada com o auxílio do Tanque do Tipo Classe A, os dados para a determinação do K_p foram obtidos levando em consideração as condições locais e são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Dados locais para o cálculo do K_p .

Dados	Valor usado
Bordadura (F)	10 m
Velocidade média do vento (Vv)	5 km/h
Umidade Relativa do ar	65%

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Considerando os dados apresentados na Tabela 3 e utilizando a Equação (4), foi possível determinar o valor de K_p , que foi de 0,538. Os fatores utilizados para determinação do fator K_p , umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento, associados à radiação solar são determinantes para a obtenção da ET_0 , e é claro notar que K_p é um fator de difícil verificação devido a pouca relação entre essas variáveis. Papa (2002) ressalta que os fatores climáticos, a natureza da superfície evaporante entre outros fatores influenciam a evaporação,

contudo uma análise quantitativa precisa da relação efetiva de cada um, e isso são difíceis devido às suas interrelações e interdependências.

Durante o período de realização do ensaio, acompanhamento da evaporação no tanque Classe A, a variação de lâmina d'água medida foi de 11 mm. Mediante esse resultado pode-se afirmar que a evaporação média nesse período foi de 2,20 mm/dia. No entanto, a determinação da evaporação final é obtida multiplicando-se o valor medido no tanque Classe A pelo K_p , de modo que nesse trabalho o resultado foi de 1,184 mm/dia.

4.3 DETERMINAÇÃO DA MEDIDA DE INFILTRAÇÃO

Seguindo a metodologia proposta na Seção 3.3, a Tabela 4 apresenta os resultados obtidos considerando ΔH como a variação da taxa de água, a cada 10 mm, ΔT o tempo cronometrado e $\frac{\Delta H}{\Delta T}$ a relação entre os resultados obtidos, ou seja, a taxa de infiltração.

Tabela 4- Medidas de Infiltração.

ΔH (10mm)	ΔT (s)	$\frac{\Delta H}{\Delta T}$ (mm/s)
1°	84,78	0,1179
2°	83,03	0,1204
3°	90,35	0,1107
4°	97,95	0,1021
5°	107,46	0,0930
6°	106,46	0,0939
7°	134,98	0,0741

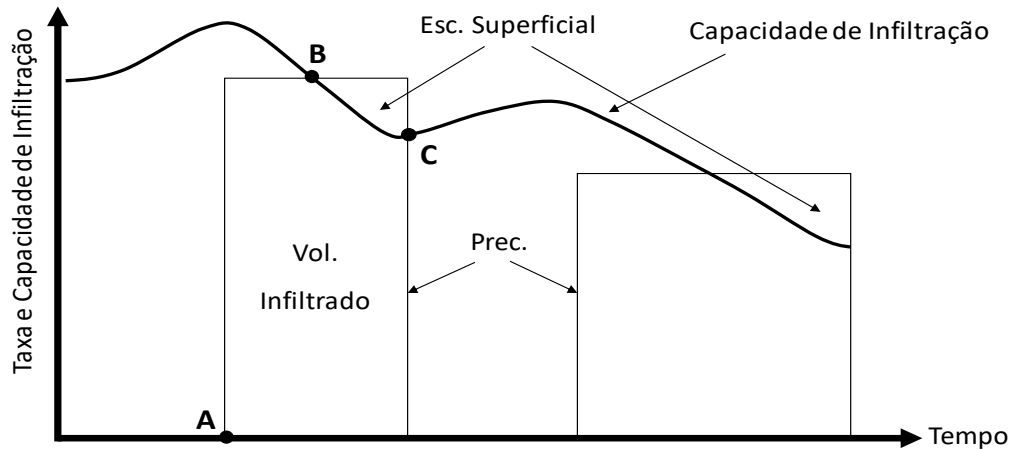
Fonte: Autoria própria, 2022.

Com base na análise da Tabela 4 é possível observar que o tempo necessário para a água infiltrar aumentou com a descida das camadas de água em quase todas as observações. O que indica uma redução da capacidade de infiltração com o passar do tempo, comportamento natural do solo.

A Figura 18 ilustra o comportamento do solo e justifica esse comportamento. Segundo Barreto *et al.* (2004), a precipitação atinge o solo com a uma intensidade menor do que a capacidade de infiltração e assim toda a água penetra na superfície, tem-se saturando uma progressiva diminuição da própria capacidade de infiltração, já que o solo está se umedecendo. A medida que a precipitação continua, a capacidade de infiltração diminui tanto que sua intensidade se iguala à de precipitação, o que pode ser observado no ponto B da Figura 18. A parcela não infiltrada forma filetes que escoam superficialmente para áreas mais baixas. Por fim, no ponto C apresentado tem-se que a capacidade de infiltração volta a

criar, pois parte da água no interior do solo propaga-se para camadas mais profundas e parte é transferida para a atmosfera (evapotranspiração).

Gráfico 02- Linha de capacidade de infiltração com barras de precipitação.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Tendo realizado o experimento, realizou-se o cálculo da infiltração média utilizando a Equação (6). O resultado obtido foi de 0,1017 mm/s.

4.4 DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Com base nos valores obtidos empiricamente para as outras variáveis da pesquisa, precipitação, evapotranspiração e infiltração, foi possível determinar o escoamento superficial (Q) utilizando a Equação (2), relativa ao balanço hídrico. A Tabela 5 apresenta um resumo dos resultados anteriormente obtidos e que foram utilizados para esse cálculo.

Tabela 5- Parâmetros para o cálculo do escoamento superficial

Parâmetros	Valores (mês março)
Precipitação	124 mm
Evapotranspiração (ETP)	36,704 mm
Infiltração (I)	0,1017mm/s

Fonte: Autoria própria, 2022.

Substituindo os dados da Tabela 5 na Equação 2, obteve-se o resultado de 81,22 mm para o mês de março de escoamento superficial, o que equivale a 2,62 mm/dia. A infiltração não foi considerada no presente cálculo, uma vez que a superfície considerada foi impermeável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um bem fundamental para a existência humana, bem como para a manutenção da vida. Neste sentido, o ser humano desenvolveu uma série de habilidades para organizar e conduzi-la para o local que lhe convém, seja por meio de redes fluviais, hidrelétricas ou sistema de encanamento (predial ou residencial).

A determinação da vazão de escoamento superficial é de suma importância para os projetos de engenharia civil, uma vez que esse valor é utilizado para se projetar os dispositivos de drenagem e condução dessa água, que não é captada naturalmente por processos como evapotranspiração e infiltração.

Neste trabalho, os dados obtidos nos ensaios indicaram resultados bons de índice pluviométrico, evapotranspiração e infiltração, dentro das ressalvas pela grande dependência de parâmetros naturais. Os mesmos foram utilizados para a determinação do escoamento superficial, cujo resultado foi de 81,22mm para o mês de março na cidade de Goianésia – GO, ano 2022.

Dessa forma devido a importância da caracterização pluviométrica descrito no presente estudo ressalta-se que os dados apresentados podem ser utilizados na elaboração de trabalhos futuros envolvendo o reaproveitamento dessa água, bem como riscos de inundação, uma vez que se concluiu que a região possui um bom índice pluviométrico na região de março.

Sugere-se como trabalhos futuros a realização dos ensaios realizados no presente estudo em outras estações climáticas, de maneira a obter o índice pluviométrico nas diferentes estações do ano. Considera, também, a realização do ensaio de Infiltração do Solo conforme a norma NBR 13.969/97, onde considera no próprio solo um furo, sendo o fundo revestido com brita e então é dado início ao estudo para então obter os resultados com precisão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 31, n. 3, 2014.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46 – 58, jun. 2007.
- ARNOLD, U.; ORLOB, G.T. (1989) Decision support for estuarine water quality management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 115, n. 6, p. 775-792.
- ASSOULINE, S. Infiltration into soils: Conceptual approaches and solutions. *Water Resour. Res.* 2013, 49, 1755–1772.
- BARRELLA, W. *et al.* As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. v3. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. pg. 877 – 1436: il.
- BLANCO, C. J. C.; SANTOS, S. S. M.; QUINTAS, M. C.; VINAGRE, M. V. A.; MESQUITA, A. L. A. Contribution to hydrological modelling of small Amazonian catchments: application of rainfall–runoff models to simulate flow duration curves. *Hydrological Sciences Journal*, v. 58, n. 7, p. 1–11, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2013.830727>.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 14 de abril de 2021.
- CARDOSO, C.A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, Campinas, v.2, n.59, p. 125-137, 2000.
- CENTENO, J.A.S.; ANTUNES, A. F. B.; TREVISAN, S.; CORREA, F. Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. *Revista Brasileira de Cartografia*. V. 55, N. 1, P. 48-56, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacias de drenagem. *Notícias Geomorfológicas, Campinas*, v. 18, n. 36, p. 130-2, 1978.

CONCEIÇÃO, Marco AF. Determinação da evapotranspiração de referência com base na evaporação do tanque de classe A na região Nordeste de São Paulo. **Embrapa Uva e Vinho- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2001.

DE PAULA, H. M.; SARMENTO, A. P.; PAIVA, E. C. R.; JUSTINO, E. A. (2012). DISPONIBILIDADE HÍDRICA E O USO DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PARI/SAMAMBAIA. *REEC - Revista Eletrônica De Engenharia Civil*, v. 3, n. 1, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/18186>. Acesso em: 13 de abril de 2021.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.h, Yield response to wáter, Roma: FAO, 1979, 193p. (FAO Irrigation and Drainage paper, 33).

DU, Xuan et al. Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 2, p. 188-196, 2022.

FAILACHE, Moisés Furtado. **Proposta de procedimentos para a estimativa da infiltração potencial e do escoamento superficial Hortoniano potencial baseada em dados geológicos, geotécnicos, de uso e ocupação e eventos de chuva**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FAUSTINO, J. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. Geoprocessamento aplicado a análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 30, n. 3, 2013.

GUIVANT, J.; JACOBI, P. “Da hidrotécnica à hidro - política”: novos rumos para a Regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*, nº 43, 2003.

HEALY,R.W., WINTER,T.C., LABAUGH,J.W, AND FRANKE, O.L.,. Water budgetd: Foundations for effective water resources and environmental management: **U.S. Geological Survey Circular** 1308, 90p. 2007.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Novos cenários climáticos. 2007.

LEUNG, A.K., GARG, A., COO, J.L., NG, C.W.W., HAU, B.C.H., 2015. Effects of the roots of *Cynodon dactylon* and *Schefflera heptaphylla* on water infiltration rate and soil hydraulic conductivity. *Hydrol. Process.* 29, 3342–3354

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, 2010.

LI, J.X., HE, B.H., MEI, X.M., LIANG, Y.L., XIONG, J., 2013. Effects of different planting modes on the soil permeability of sloping farmlands in purple soil area. *Chin. J. Appl. Ecol.* 24 (3), 725–731.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33 - 43.

MARINHO, C. F. C. E. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. 2011. 67 f. *Monografia* (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011

MARTINS, F. B. *et al.* Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.

MORBIDELLI, Renato *et al.* Rainfall infiltration modeling: a review. **Water**, v. 10, n. 12, p. 1873, 2018.

MOHAMMED, Y. Climate change impact assessment on soil water availability and crop yield in Anjeni Watershed Blue Nile Basin. 2009. 123 f. *Thesis* (Master of Science in Meteorology) - Arba Minch University, Arba Minch, 2009.

MWENDERA, E.J., SALEEM, M.A.M., 2010. Infiltration rates, surface runoff, and soil loss as influenced by grazing pressure in the Ethiopian highlands. *Soil Use Manag.* 13, 29–35.

NERIS, J., JIMÉNEZ, C., FUENTES, J., MORILLAS, G., TEJEDOR, M., 2012. Vegetation and land-use effects on soil properties and water infiltration of Andisols in Tenerife (Canary Islands, Spain). *Catena* 98, 55–62

PAIVA, R. C. D; PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J.B.D. Estimativa das vazões naturais nas subbacias do Vacacaí Mirim através de modelo simplificado. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/eloiza/download/Igo/VazoesNaturais.pdf>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

PAREDES, J.; ANDREU, J.; SOLERA, A., v. 408, n. 12, p. 2576-2589, 2010.

PAREDES, J.; LUND, J.R. Refill and drawdown rules for parallel reservoirs: quantity and quality. *Water Resources Management*, v. 20, n. 1, p. 359-376, 2006.

PEGADO, R. S. *Geotecnologia como instrumento de gestão de recursos hídrico: estudo da Bacia do Tucunduba – Belém (PA)*. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

PEREIRA, Antônio Roberto; VILLA NOVA, Nílson Augusto; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. [S.l: s.n.], 1997.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfometrias na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Rev. Bras. Ciências do Solo*, Viçosa, n. 28, p. 297 – 305, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000200008. Acesso em 17 de abril de 2021.

ROSA, A. H.; RUCHAUD, G. G.; SCOFANO, V. *Águas Pluviais*. Florianópolis, 2010.

SALLA, M. R.; PEREIRA, C. E.; ALAMY FILHO, J. E.; DE PAULA, L. M.; PINHEIRO, A. M. Estudo da autodepuração do rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do rio Dourados. *Eng. Sanit. Ambient.* Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, abril/jun., 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522013000200002&script=sci_arttext#end. Acesso em: 10 de abril de 2021.

SANTANA, D.P. *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

SANTOS, AR dos. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, Microrregião de Viçosa, MG. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. *Tese*, 2001.

SILVA, M. A; SANTANA, C. G. Reuso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. *Revista do CEDS*, nº 1, 2014.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). *Irriga*, Edição especial, p. 280-296, 2012.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. *Revista Informe Agropecuário*, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.

SMITH, R.E. *Infiltration Theory for Hydrologic Applications*; Water Resources Monograph; American Geophysical Union: Washington, DC, USA, 2002; Volume 15, ISBN 9780875903194.

STRZEPEK, K.; GARCÍA, L.; OVER, T. *MITSIM 2.1 river basin simulation model, user manual*. Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems, University of Colorado, Boulder, 1989.

TONELLO, K.C. *Análise hidro ambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. 2005. 69 p., Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 3ª edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH, 2002. Cap 2, p. 40-42.

TUNDISI, José Galizia. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. 2.ed. São Paulo: RiMa, 2005. 251 p. ISBN 8576560488.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *Floresta e Ambiente*, v. 17, n. 1, p. 23-29, jan./jun., 2010. Doi 10.4322/floram.2011.003, ISSN 1415-0980 (impresso), ISSN 2179-8087 (online).

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGRAWHill do Brasil, 1975.

VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: Na integrated approach using remote sensing, GIS and social-economic data. *Current Science*, Índia, v. 95, n. 3, 2008.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG, v. 7, 2007. 588 p.

YIMER, F., MESSING, I., LEDIN, S., ABDELKADIR, A., 2008. Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands of Ethiopia. *Soil Use Manag.* 24, 344–349.

WANG, L., ZHONG, C., GAO, P., XI, W., ZHANG, S., 2015. Soil infiltration characteristics in agroforestry systems and their relationships with the temporal distribution of rainfall on the Loess Plateau in China. *PLoS One* 10, e0124767.

WU, G.L., YANG, Z., CUI, Z., LIU, Y., FANG, N.F., SHI, Z.H., 2016. Mixed artificial grasslands with more roots improved mine soil infiltration capacity. *J. Hydrol.* 535, 54–60.

ZIBORDI, M. S.; CARDOSO, J. L. Análise tecnológica para gestão da agropecuária na bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. In. XLIII, *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia rural*, 2005, Ribeirão Preto. Acesso em ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia* (UFPE), v. 31, n. 3, 2014.