

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIEL OLIVEIRA SILVA

ÍNDICE DE ABSTRAÇÃO INICIAL EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE
UBERLÂNDIA – MG

Uberlândia - MG

2020

GABRIEL OLIVEIRA SILVA

ÍNDICE DE ABSTRAÇÃO INICIAL EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE
UBERLÂNDIA – MG

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado Instituto de Ciências Agrárias
da Universidade Federal de Uberlândia
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hudson de Paula
Carvalho

Uberlândia

2020

GABRIEL OLIVEIRA SILVA

ÍNDICE DE ABSTRAÇÃO INICIAL EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE
UBERLÂNDIA – MG

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado Instituto de Ciências Agrárias
da Universidade Federal de Uberlândia
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia
Ambiental.

Uberlândia, 14 de janeiro de 2020

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho, UFU

Eng. Agr. MSc. Márcia Regina Batistela Moraes, UFU

Eng. Agr. Dra. Suelen Martins de Oliveira, UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por tudo que me tens feito, por me ter sustentado e me ajudado até aqui.

Agradeço aos meus pais e minha irmã, pelo apoio e incentivo durante todo o tempo da minha graduação.

Ao Prof. Dr. Hudson de Paula Carvalho, agradeço pelo apoio e orientação.

Agradeço à Márcia Regina Batistela Moraes pelo apoio e auxílio.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo ajustar o índice de abstração inicial em duas pequenas bacias hidrográficas experimentais no município de Uberlândia, MG. A abstração inicial (I_a) consiste na primeira parcela de chuva que é produzida do início da precipitação até o momento que origina o escoamento superficial, constituindo-se na parte da chuva que infiltra no solo, a qual pode ser interceptada pela vegetação e/ou armazenada em depressões do terreno. No Brasil, as bacias de pequeno porte sofrem carência de dados hidrológicos, necessitando de monitoramento e estudos hidrológicos aprofundados. A metodologia utilizada para determinação da abstração inicial foi o método SCS-CN, os valores calculados a partir de dados de chuva e vazão. O índice de abstração inicial na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória variou de 0,01 a 18,78%, com uma média de 1,95%. A Bacia Hidrográfica Experimentais do Córrego Água Vermelha apresentou um intervalo de 0,05 a 44,09% e média de 2,70%. As duas bacias estudadas apresentaram valores médio de índice de abstração menores do que os valores indicados na literatura, equivalente a 20% da capacidade de armazenamento de água no solo.

Palavra-Chave: Escoamento Superficial. SCS-CN. Índice de Abstração Inicial (λ).

ABSTRACT

This work aimed to adjust the initial abstraction index in two small experimental watersheds in the city of Uberlândia, MG. The initial abstraction (I_a) consists of the first portion of rain that is produced from the beginning of precipitation until the moment that the runoff originates, constituting the part of the rain that infiltrates the soil, which can be intercepted by vegetation and / or stored in land depressions. In Brazil, small basins suffer from a lack of hydrological data, requiring in-depth monitoring and hydrological studies. The methodology used to determine the initial abstraction was the SCS-CN method, the values calculated from rain and flow data. The index of initial abstraction in the Experimental Hydrographic Basin of Córrego Glória ranged from 0.01 to 18.78%, with an average of 1.95%. The Experimental Hydrographic Basin of the Água Vermelha Stream presented a range of 0.05 to 44.09% and an average of 2.70%. The two basins studied presented mean values of abstraction index lower than the values indicated in the literature, equivalent to 20% of the water storage capacity in the soil.

Keyword: Runoff. SCS-CN. Initial Abstraction Index (λ).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória, Uberlândia – MG, com as respectivas estações de monitoramento.....	15
Figura 2 – Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Limpa, Uberlândia – MG, com as respectivas estações de monitoramento.....	17
Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.....	19
Figura 4 – Percentual de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.....	20
Figura 5 – Mapa de usos e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.....	21
Figura 6 – Percentual de usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.....	22
Figura 7 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.....	23
Figura 8 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha, Uberlândia – MG.....	25
Figura 9 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL, Uberlândia - MG.....	27
Figura 10 – Percentuais dos tipos de solos encontrados na BHEGL.....	28
Figura 11 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Limpa, Uberlândia – MG.....	29
Figura 12 – Percentuais dos tipos de solos encontrados na BHEAV.....	30
Figura 13 – Procedimento linear para separação do escoamento superficial direto.	32
Figura 14 – Representação da lâmina de abstração inicial (A_i) e do tempo de abstração inicial (T_{abs}).....	35
Figura 15 – Dados do Índice de abstração inicial (λ) obtidos para a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória – BHEGL, no período de dezembro/2015 a abril/2019. Uberlândia – MG.....	40
Figura 16 – Dados do Índice de abstração inicial (λ) obtidos para a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV, no período de dezembro/2016 a agosto/2019. Uberlândia – MG.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de declividade e tipo de relevo, com suas respectivas áreas e valores percentuais de declividade do solo, observados na BHEGL.	24
Tabela 2 – Classes de declividade e tipo de relevo, com suas respectivas áreas e valores percentuais de declividade do solo, observados na BHEAV.	26
Tabela 3 – Eventos de precipitação e vazão monitorados no período de dezembro/2015 a abril/2019 na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.	37
Tabela 4 – Eventos de precipitação e vazão monitorados no período de dezembro/2016 a agosto/2019 na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.	38
Tabela 5 – Correlações entre as variáveis associadas ao índice de abstração inicial (λ) Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória – BHEGL e Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.	42

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ALOS – Advanced Land Observing Satellite

ASF – Alaska Satellite Facility

BHEAV – Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha

BHEGL – Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS – Geographic Coordinate System

MDE – Modelo Digital de Elevação

MG – Minas Gerais

PALSAR – Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar

PN2 – Bacia Hidrográfica do Rio Araguari

PN3 – Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba

SCS-CN – Soil Conservation Service – Curve Number

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

USDA – United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	12
3	METODOLOGIA.....	13
3.1	Área de estudo.....	13
3.2	Material cartográfico e imagem de satélite.....	18
3.3	Usos e Ocupação do Solo.....	18
3.4	Declividade.....	22
3.5	Tipo de Solo.....	26
3.6	Monitoramento Hidrológico	30
3.7	Procedimento para determinar o cálculo do Escoamento Superficial Direto	31
3.8	Procedimento para determinar o Índice (ϕ)	34
3.9	Procedimento para determinar Lâmina de Abstração e do Tempo de Abstração.....	34
3.10	Procedimento para determinar o Índice de Abstração Inicial (λ).....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O uso e manejo do solo são atividades essenciais para o desenvolvimento agrícola mundial, caracterizando e norteando o comportamento de todo o ecossistema de uma bacia hidrográfica (CALIL *et al.*, 2011; MELLO *et al.*, 2007). Para entender o comportamento do ciclo hidrológico em função de diferentes usos e manejos do solo é necessário o conhecimento das condições das bacias hidrográficas como: características de uso, ocupação, manejo e fisiografia.

O comportamento hidrológico em pequenas bacias tem sido pouco pesquisado, mas devido ao uso e manejo inadequado dos solos, fenômenos climáticos globais que alteram o regime de chuvas, têm despertado o interesse da comunidade acadêmica e da sociedade em geral (MELLO *et al.*, 2007).

No Brasil, as bacias de pequeno porte sofrem carência de dados hidrológicos, necessitando de monitoramento, que complementaria a rede de informação hidrológica (forma, relevo, área, rede de drenagem, solo etc.) e cobertura vegetal. Deste modo, as características físicas e bióticas da bacia hidrológica têm importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, a infiltração e o deflúvio, a evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial.

Atualmente os modelos para estimar o deflúvio em bacias hidrográficas têm sido estudados por diversos pesquisadores, em diversas regiões, entretanto, os modelos propostos foram elaborados baseados em regiões de clima temperado, como o método *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN) (MELLO, *et al.*, 2003).

O método SCS-CN é bastante usado para estimar o escoamento superficial em bacias hidrográficas no Brasil (MELLO *et al.*, 2003). Para definição do escoamento superficial vários parâmetros devem ser considerados, dentre eles o índice da abstração inicial. De acordo com SCS-CN este índice corresponde a 20% da capacidade de armazenamento de água do solo. Contudo, é importante destacar que esse valor foi obtido a partir de pesquisas realizadas em locais com condições físicas e climáticas diferentes das regiões hidrológicas brasileiras.

Segundo Mello *et al.* (2003), a abstração inicial é uma parcela da precipitação total que ocorreu anteriormente à precipitação efetiva. Os autores relatam que esta

parcela infiltrou no solo ou foi detida ou armazenada pela vegetação e obstáculos no solo.

Deste modo é de suma importância o desenvolvimento de modelos físicos-matemáticos que sejam capazes de prever as vazões das bacias hidrográficas, através de vários cenários de usos e ocupação dos solos (MELLO et al., 2007).

Visando incrementar dados para subsidiar o estudo hidrológico em Minas Gerais, o presente estudo estimou o índice de abstração inicial em duas bacias hidrográficas experimentais pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Os resultados deste trabalho poderão contribuir para que o método SCS-CN alcance melhores estimativas do escoamento superficial em bacias hidrográficas brasileiras.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

A abstração inicial (I_a) consiste no montante da chuva que infiltra no solo, é interceptada pela vegetação e/ou armazenada em depressões do terreno. Segundo Mishra e Singh (1999) as perdas iniciais correspondem a 20% do armazenamento máximo da água no solo (S). A infiltração, durante o início da chuva, é altamente variável e depende de vários fatores como intensidade de chuva, relevo e umidade do solo (HAWKINS et al., 2009; NRCS, 2004; MELLO et al., 2003).

Segundo Hawkins et al. (2009), há falta de informação para a determinação da I_a e do armazenamento máximo da água no solo, os quais são influenciados pelo tipo de bacia e pelo número e grandeza dos eventos de chuva. Ponce e Hawkins, (1996) resumem que o índice da abstração inicial (λ) pode ser definido como um parâmetro local capaz de representar a resposta do método à diversidade geológica e climática.

O SCS-CN foi desenvolvido em 1954 pelo *Soil Conservation Service* (SCS) (atualmente denominado por *Natural Resources Conservation Service* (NRCS)), uma agência do *United States Department of Agriculture* (USDA). Esse método tem sido usado mundialmente para estimar o escoamento superficial direto a partir da chuva e da capacidade de armazenamento de água do solo (NRCS, 2004).

O SCS-CN foi baseado na equação do balanço hídrico aplicado no escoamento direto no solo. O método apresenta duas equações fundamentais que estão relacionadas com a capacidade de armazenamento hídrico do solo (COLLISCHONN e DORNELLES, 2015). Segundo Mishra e Singh (1999), a curva-número sofre

influência de parâmetros como tipos de solos, uso de solo, condições hidrológicas e condições de umidade inicial do solo.

O SCS-CN modificado por Mishra *et al.* (2003), consiste numa releitura do método original com objetivo de aperfeiçoar a relação entre a I_a e o potencial de armazenamento de água no solo, pela consideração da umidade antecedente como função da precipitação acumulada nos últimos cinco dias.

Estudos comprovam a abrangência do SCS-CN, que está incorporado em uma variedade de modelos, como os de erosão do solo e o controle de enchentes (BARTLETT *et al.*, 2016).

O SCS-CN é bastante utilizado no Brasil na previsão do escoamento superficial a partir de eventos de chuva (COSTA *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2016), sendo usados também na estimativa de vazões em pequenas bacias hidrográficas. No entanto, os valores não foram ajustados para as pequenas bacias hidrográficas no Brasil. Estudos indicam que os valores de SCS-CN mudam para diferentes usos dos solos, tipos de solos e condições hidrológicas (DO VALLE JUNIOR *et al.*, 2019).

Os fatores ligados ao solo que determinam SCS-CN são o grupo hidrológico, tipo e condição de umidade. Outro fator considerado se escoamento em áreas impermeáveis está sendo canalizado ou se o fluxo do escoamento se espalha antes de entrar no sistema de drenagem (USDA, 1986).

Segundo Tucci e Silveira (2015) diversos modelos de simulação hidrológicos se baseiam no método SCS-CN que é bastante utilizado na simulação do escoamento superficial em bacias hidrográficas, pois refere-se a um modelo simples que envolve poucas variáveis.

3 METODOLOGIA

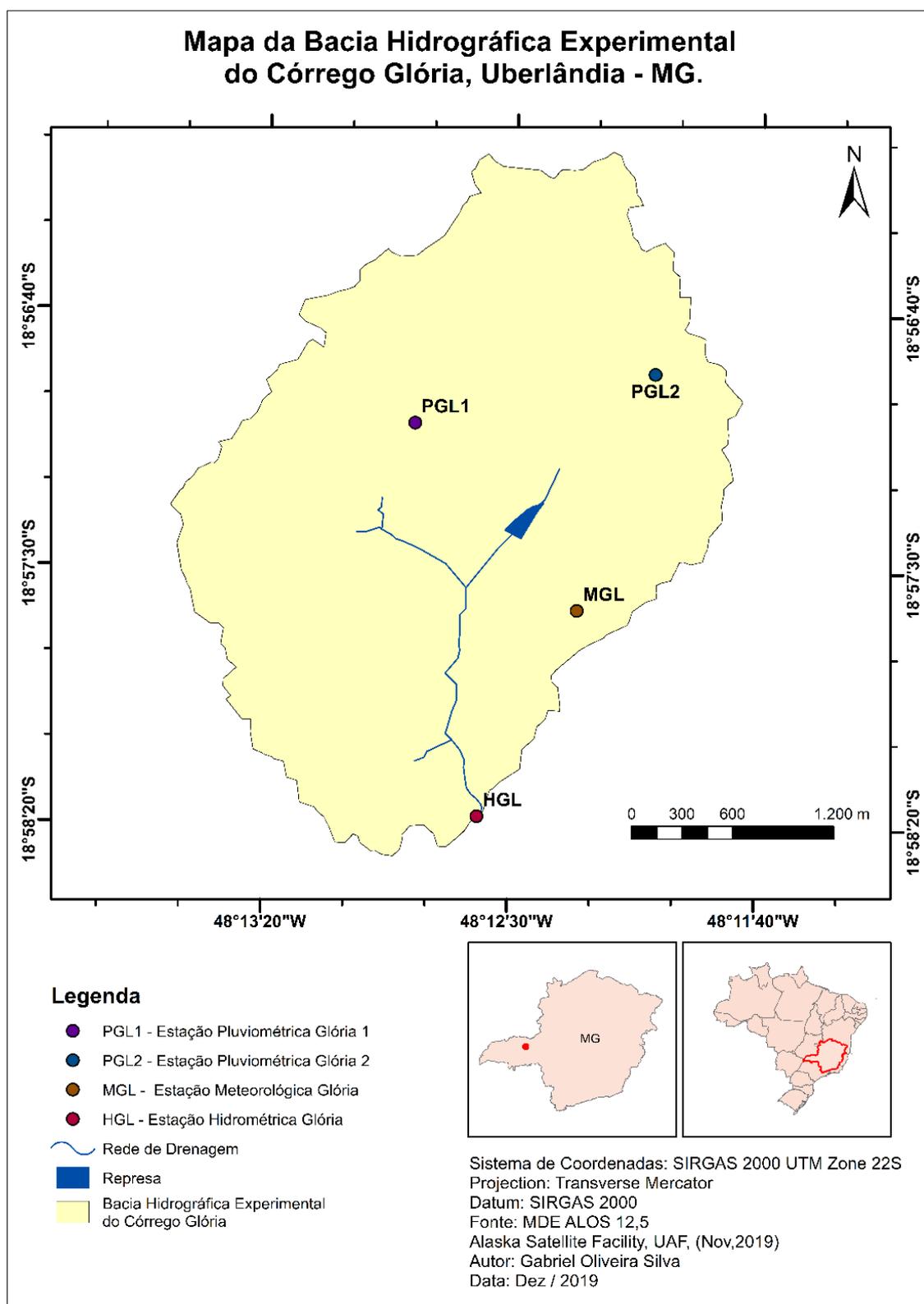
3.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas experimentais, denominadas como Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória (BHEGL) e Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha (BHEAV), ambas localizadas no município de Uberlândia – MG.

A BHEGL (Figura 1), situada na região sudeste de Uberlândia, apresenta uma área total de 8,69 km². A área da bacia foi delimitada a partir da seção de controle,

localizada geograficamente a 18°58'18" S e 48°12'36" W. É uma bacia parcialmente urbanizada e possui em seu interior o Campus Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O córrego do Glória é afluente do Rio Uberabinha, importante contribuinte do Rio Araguari, que por sua vez compõe a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Na BHEGL foram instaladas cinco estações automatizadas: uma meteorológica, hidrométrica e duas pluviométricas, distribuídas ao longo da bacia, conforme detalhado na Figura 1.

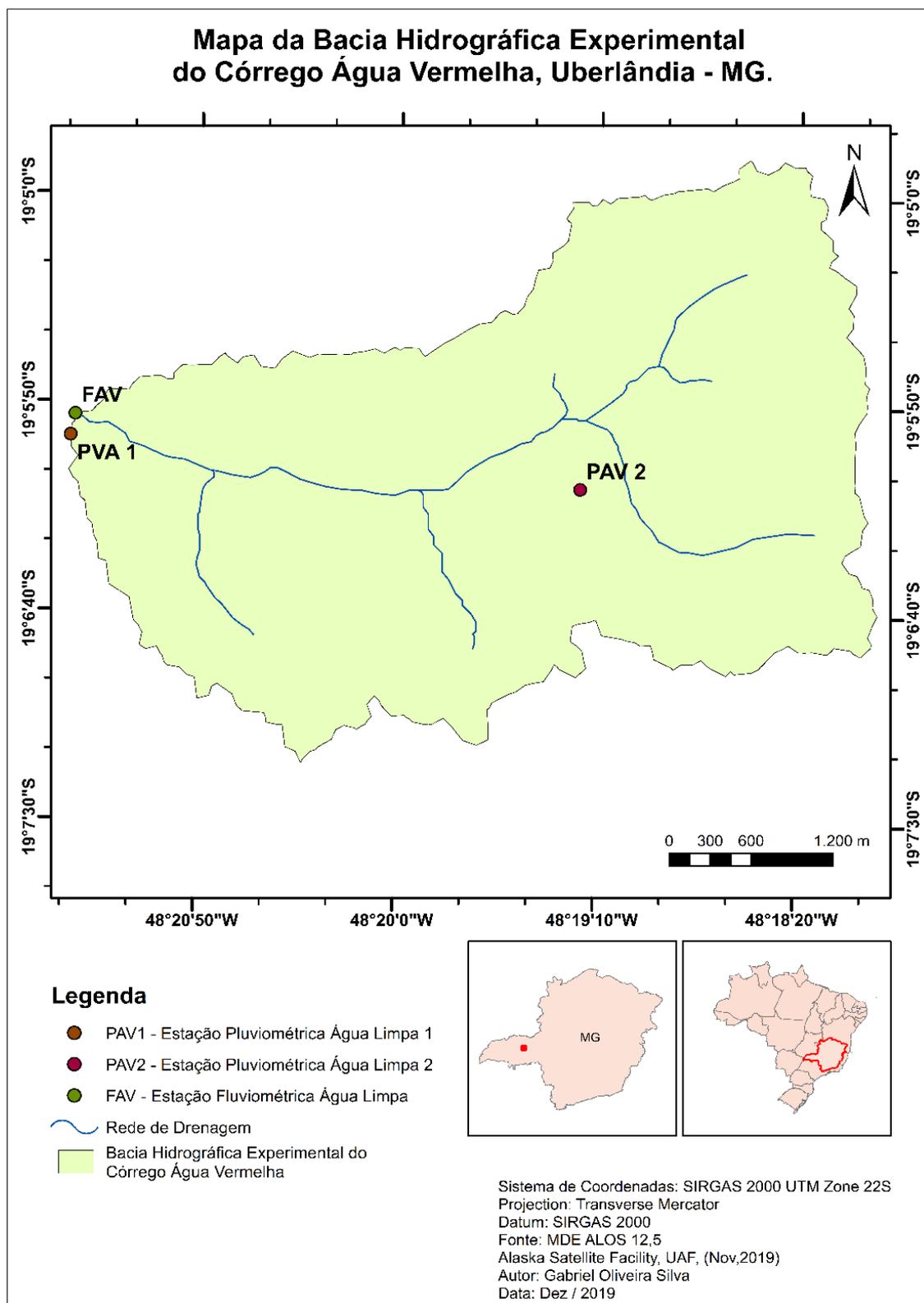
Figura 1 – Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória, Uberlândia – MG, com as respectivas estações de monitoramento.



Fonte: O autor (2019).

A BHEAV (Figura 2) está localizada na zona rural do município de Uberlândia, e possui área total de 16,22 km². Essa bacia é considerada uma pequena bacia rural, com seção de controle localizada geograficamente a 19°05'53" S e 48°21'21" W, abrangendo uma parte da Fazenda Experimental Água Limpa, UFU. O Córrego Água Vermelha é um dos tributários do Rio Tijuco, um dos principais afluentes do Rio Paranaíba. Na BHEAV estão instaladas uma estação fluviométrica e duas estações pluviométricas, todas automatizadas.

Figura 2 – Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Limpa, Uberlândia – MG, com as respectivas estações de monitoramento.



Fonte: O autor (2019).

3.2 Material cartográfico e imagem de satélite

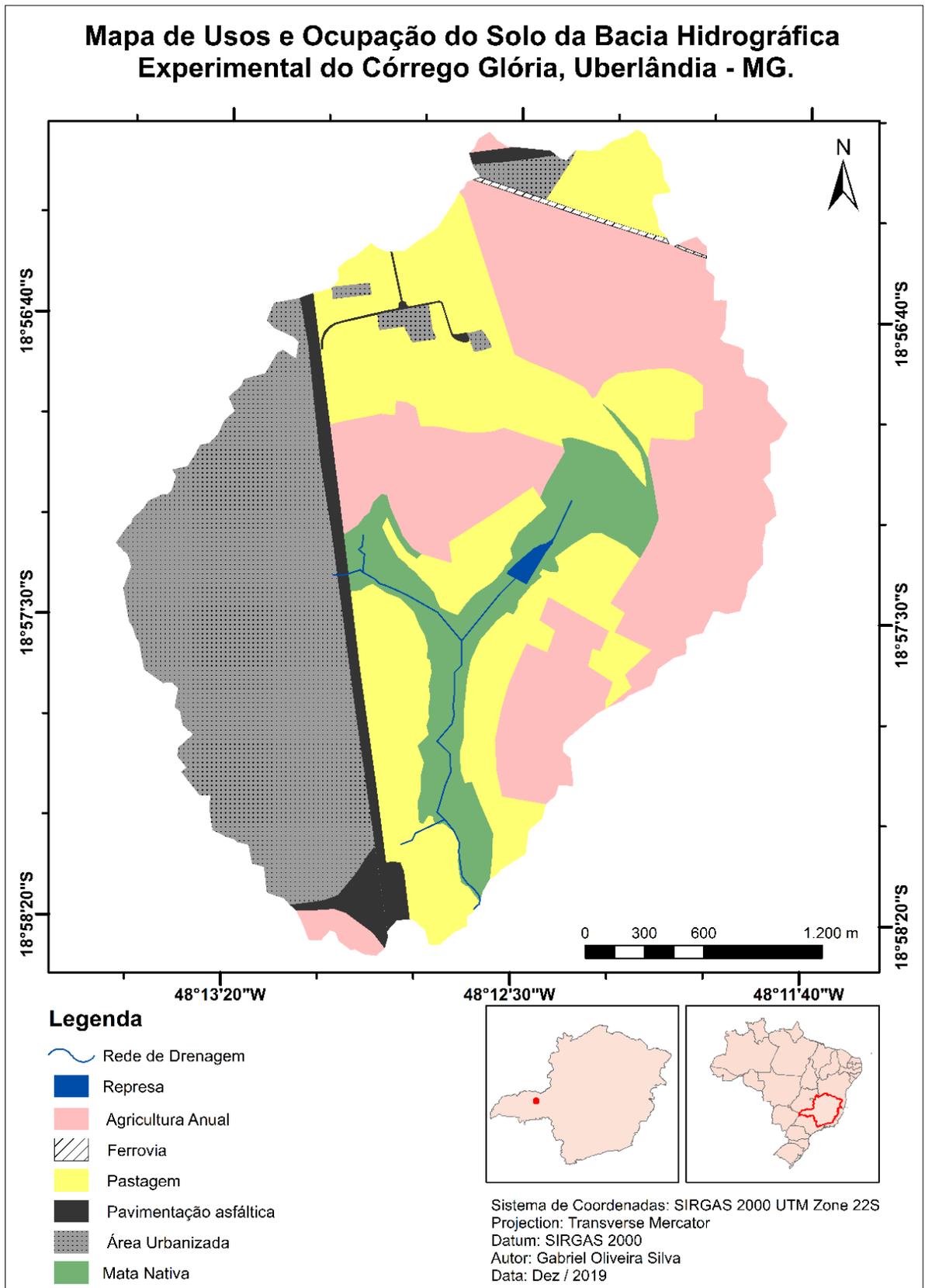
Para a aquisição das informações das bacias hidrográficas, tais como área, rede de drenagem e declividade foram obtidas imagens a partir de modelos digitais de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, e do sensor *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* – PALSAR do Satélite Japonês *Advanced Land Observing Satellite* – ALOS com resolução de 12,5 m, disponível em *Alaska Satellite Facility* (ASF, 2019).

Os mapas de uso e ocupação do solo foram projetados a partir de imagens disponíveis no Google Satélite de 2019, sendo confirmadas as verdades de campo por meio de visitas técnicas, possibilitando reforçar e corrigir as informações obtidas com a classificação do uso do solo realizado no ambiente computacional. As classes de usos e ocupação do solo foram associadas às classes semelhantes, em escala disponível na metodologia SCS-CN.

3.3 Uso e Ocupação do Solo

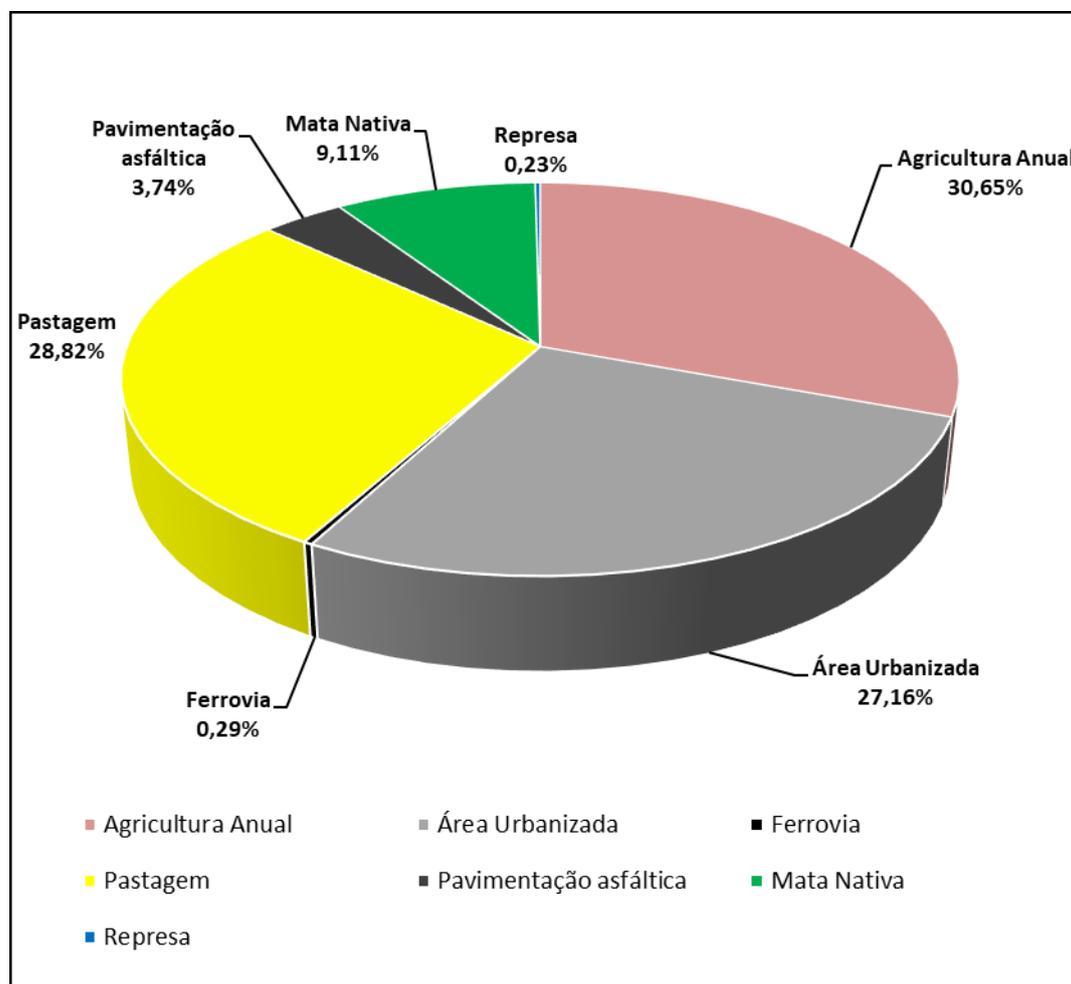
No estudo de uso e ocupação do solo na BHEGL foram elencadas, sete classes de uso do solo, conforme explicitado nas Figuras 3 e 4: represa, ferrovia, pavimentação asfáltica, mata nativa, área urbanizada, pastagem e agricultura anual.

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.



Fonte: O autor (2019).

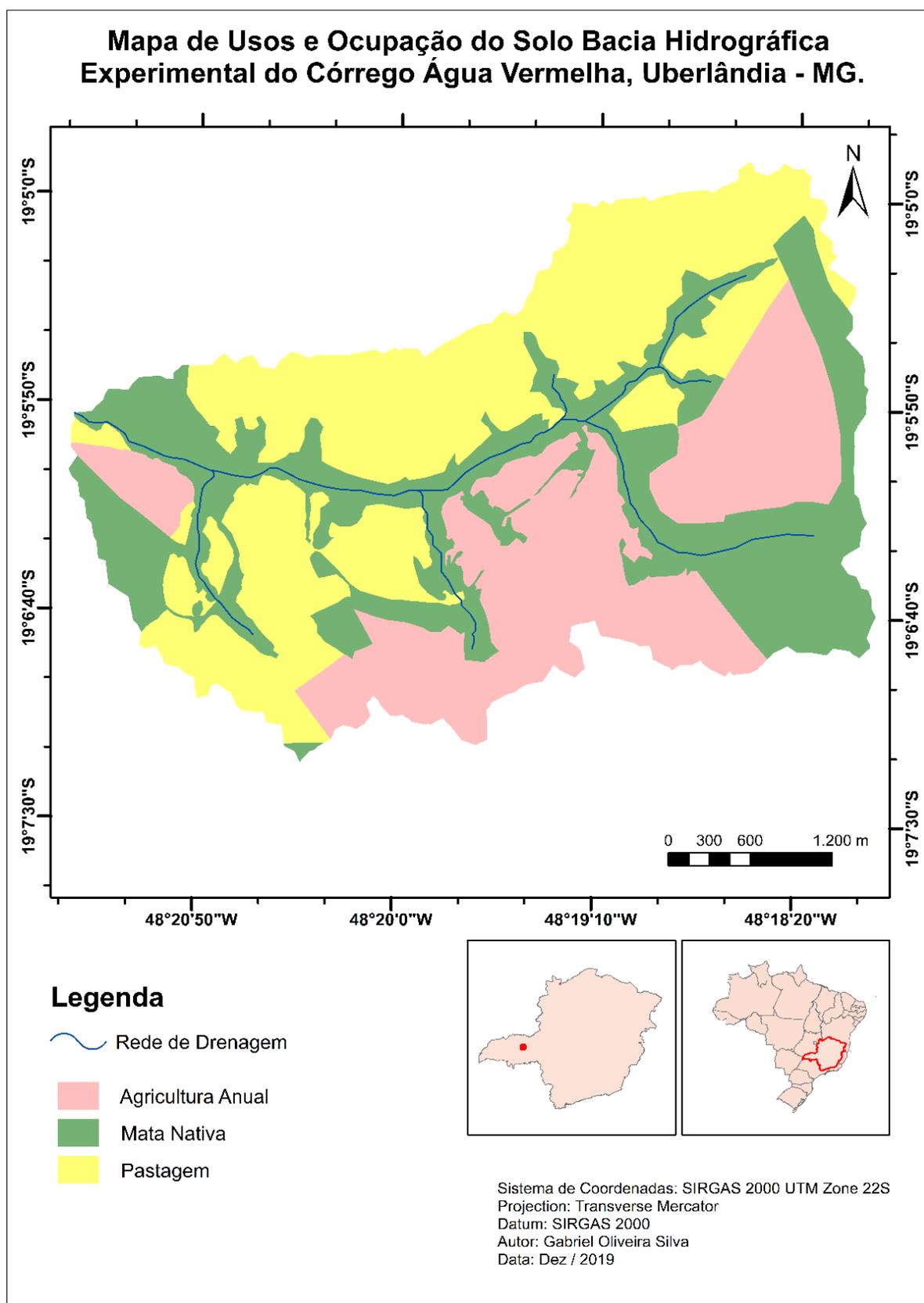
Figura 4 – Percentual de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.



Fonte: O autor (2019).

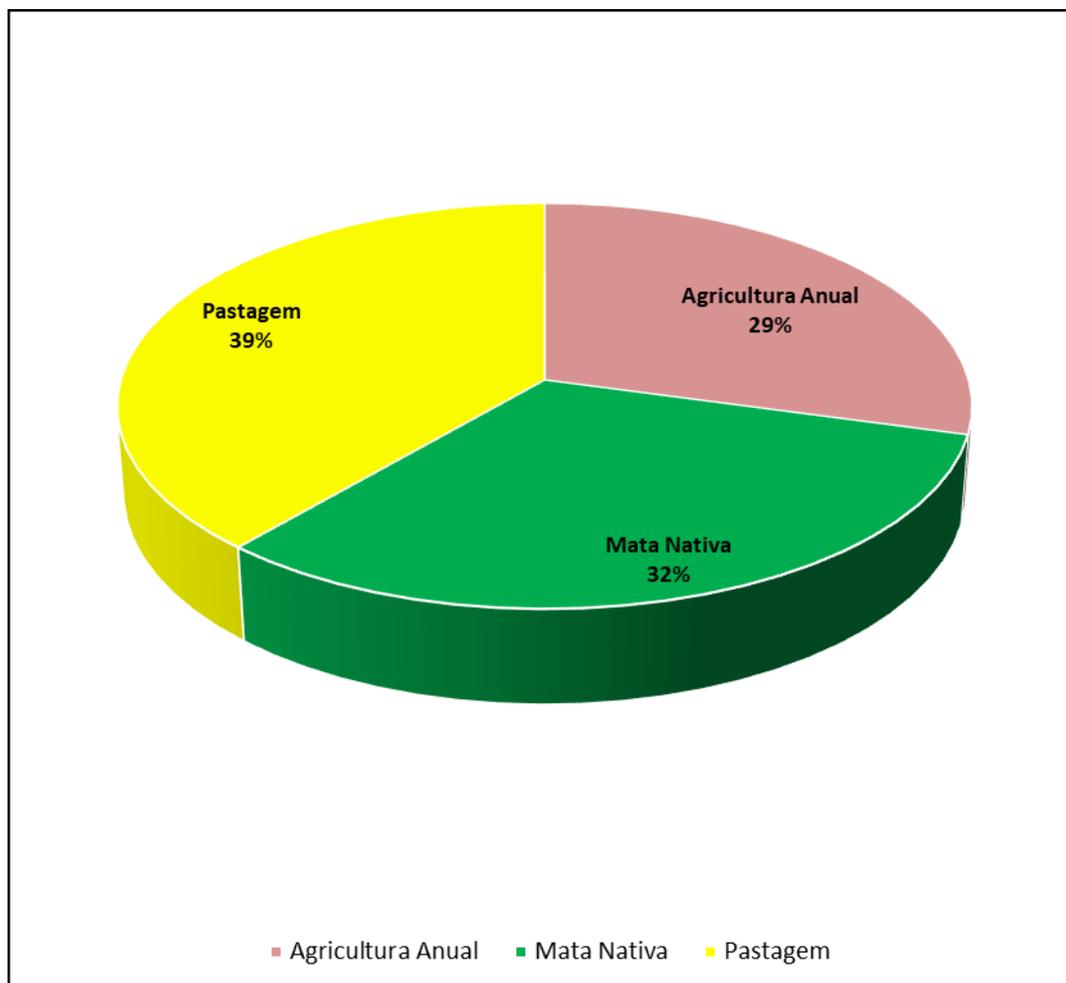
Na BHEAV foram elencadas três classes de usos e ocupação do solo: agricultura anual, mata nativa e pastagem, representadas nas Figura 5 e 6.

Figura 5 – Mapa de usos e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.



Fonte: O autor (2019).

Figura 6 – Percentual de usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.

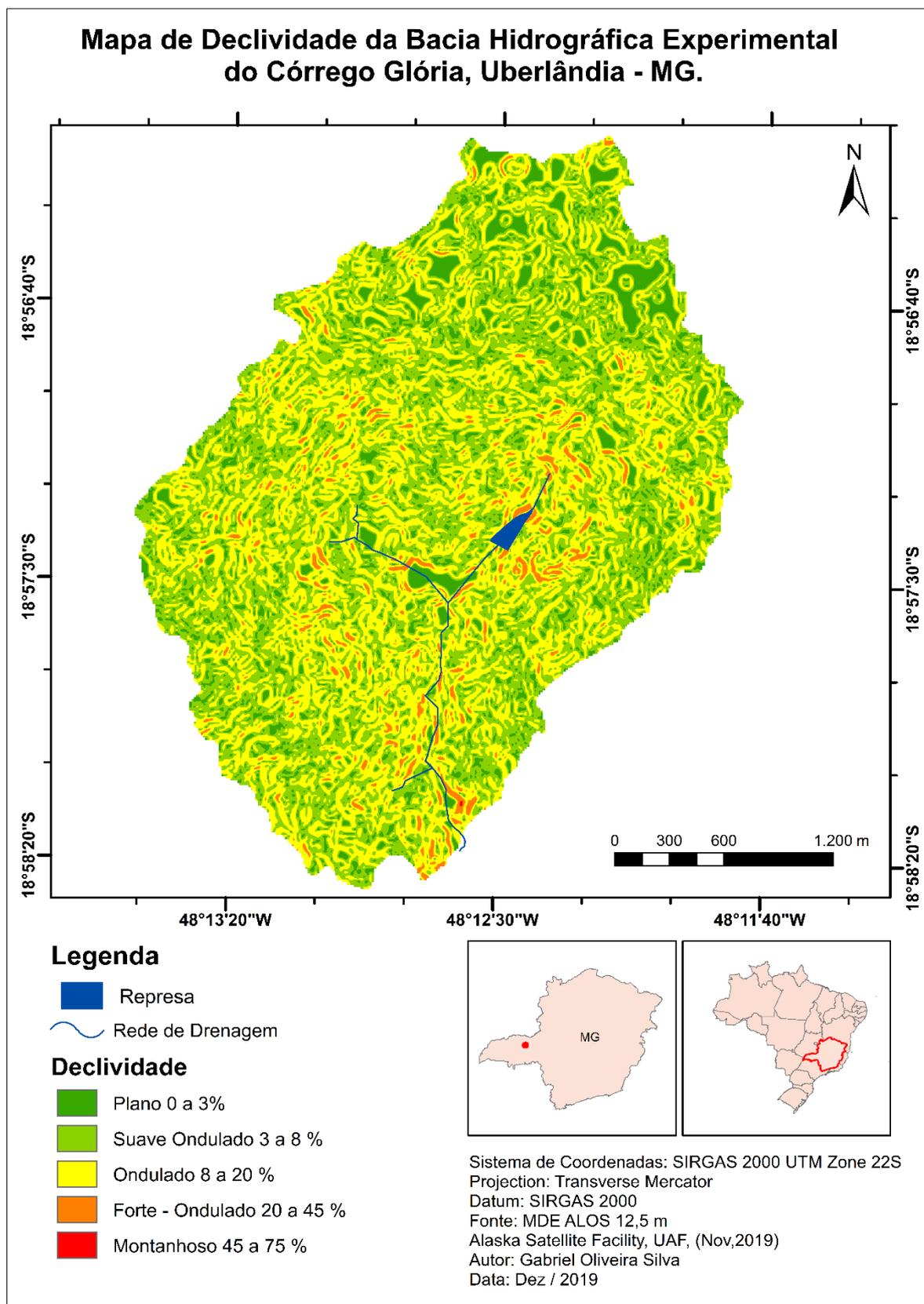


Fonte: O autor (2019).

3.4 Declividade do solo

A declividade do solo das bacias estudadas foi classificada, percentualmente, como plano, suave ondulado, ondulado, forte-ondulado e montanhoso. A Figura 7 indica a declividade do solo na BHEGL a Tabela 1 estão detalhados os valores percentuais e áreas ocupadas em cada uma das classes encontradas.

Figura 7 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.



Fonte: O autor (2019).

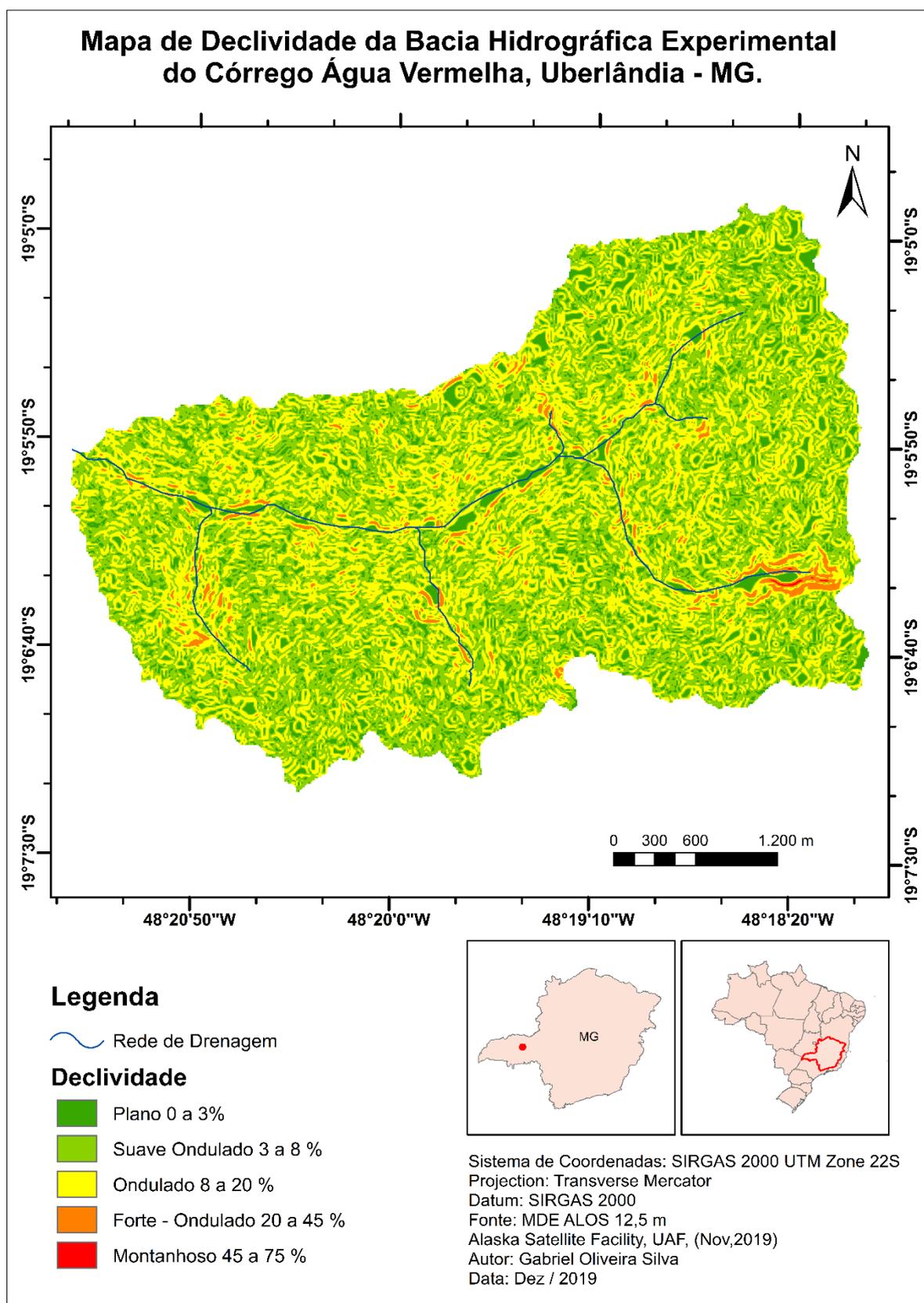
Tabela 1 – Classes de declividade e tipo de relevo, com suas respectivas áreas e valores percentuais de declividade do solo, observados na BHEGL.

Classes de Declividade (%)	Relevo	Área (km²)	Percentual (%)
0 a 3	Plano	1,10	13,17
3 a 8	Suave Ondulado	3,22	38,45
8 a 20	Ondulado	3,78	45,20
20 a 45	Forte - Ondulado	0,26	3,13
45 a 75	Montanhoso	0,01	0,05
	Total	8,37	100,00

Fonte: O autor (2019).

A BHEAV apresentou declividade composta pelas seguintes classes: plano, suave ondulado, ondulado, forte-ondulado e montanhoso. Estas classes estão representadas na Figura 8 e assim como feito para bacia anterior, os valores percentuais e áreas ocupadas em cada uma das classes encontradas foram descritos na Tabela 2.

Figura 8 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha, Uberlândia – MG.



Fonte: O autor (2019).

Tabela 2 – Classes de declividade e tipo de relevo, com suas respectivas áreas e valores percentuais de declividade do solo, observados na BHEAV.

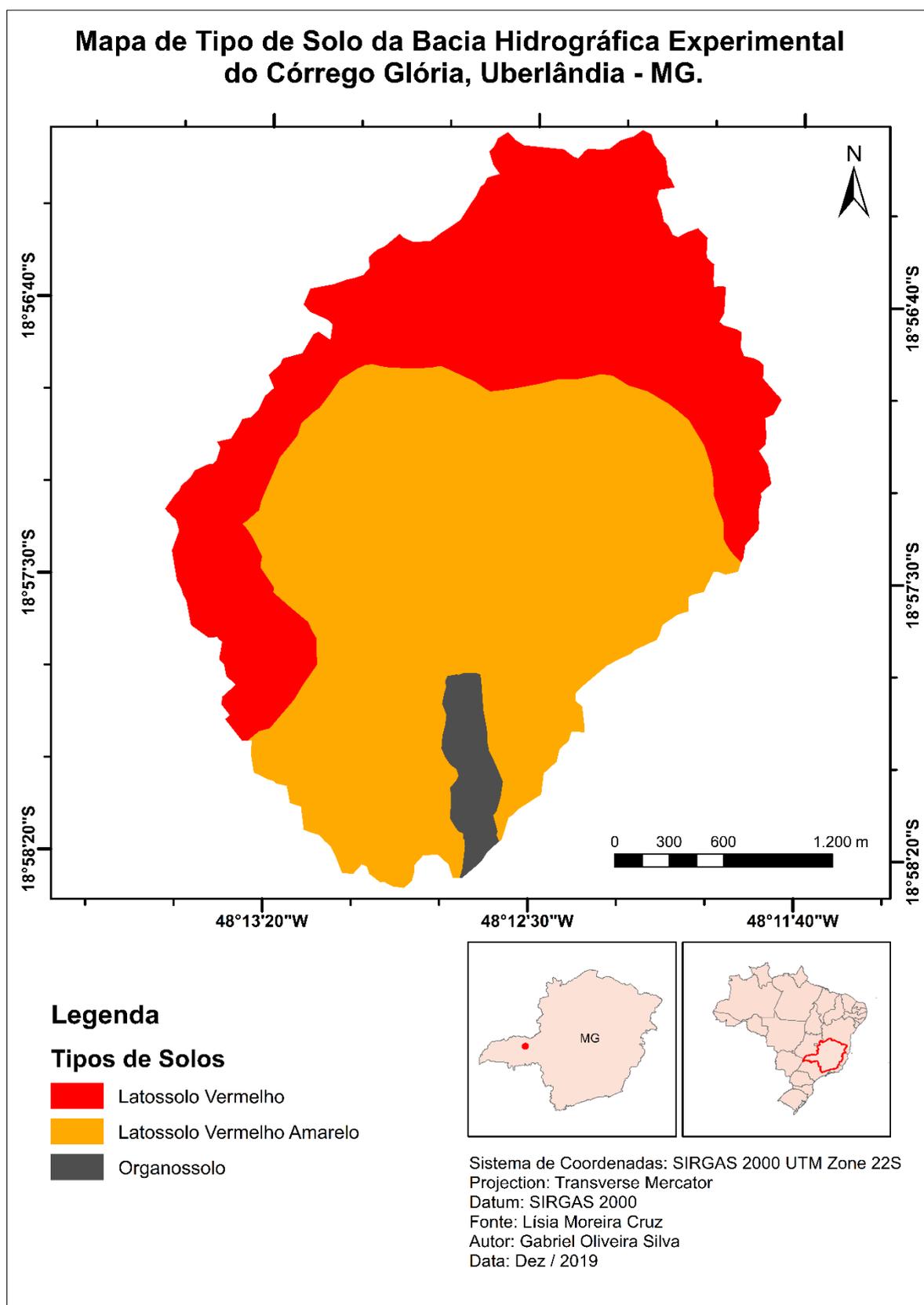
Classes de Declividade (%)	Relevo	Área (Km ²)	Porcentual (%)
0 a 3	Plano	2,11	13,43
3 a 8	Suave Ondulado	6,61	42,00
8 a 20	Ondulado	6,67	42,36
20 a 45	Forte - Ondulado	0,34	2,18
45 a 75	Montanhoso	0,01	0,03
	Total	15,74	100,00

Fonte: O autor (2019).

3.5 Tipo de Solo

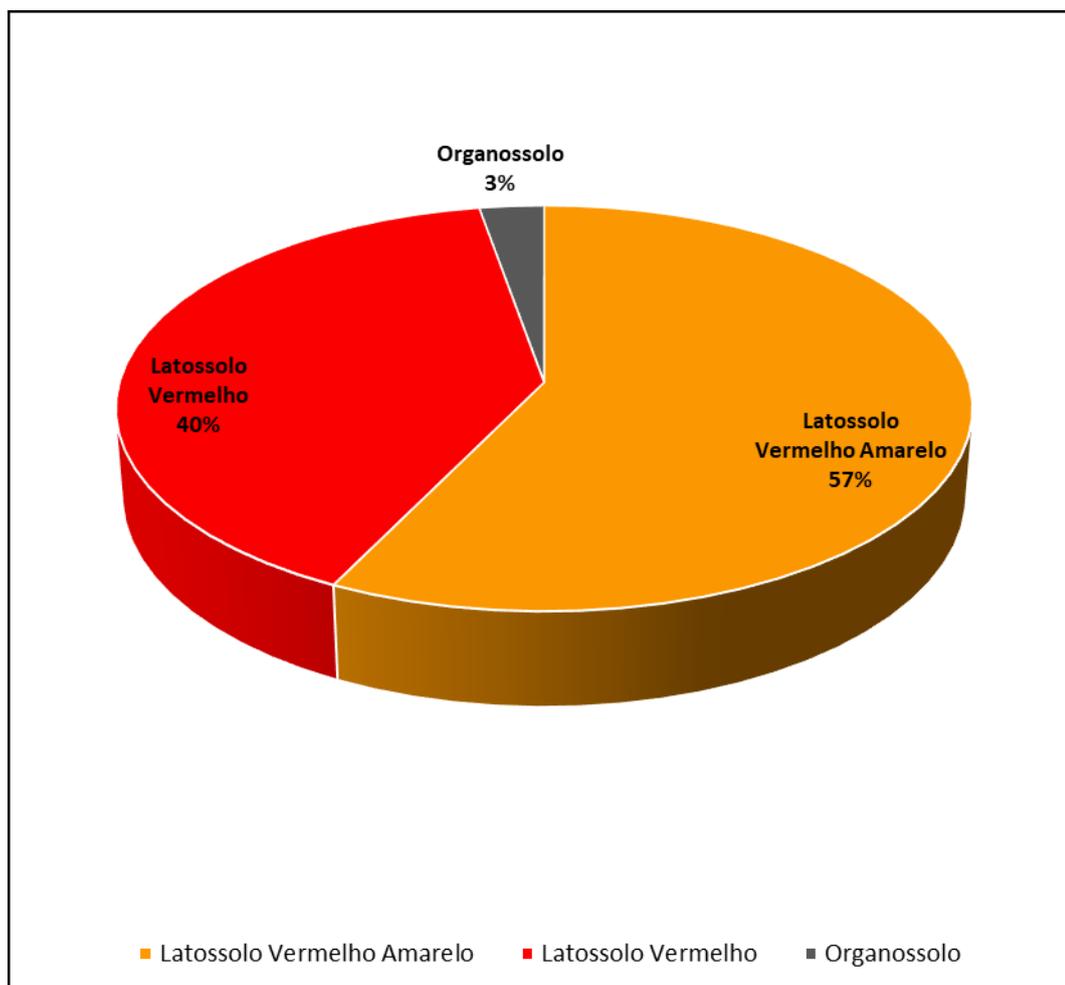
No enquadramento das classes de solos da BHEGL foi utilizado o trabalho desenvolvido por Cruz *et al.* (2010). Os autores analisaram e classificaram os solos da Bacia Hidrográfica do Glória, seguindo a metodologia proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, indicada em 1999 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Seguindo a classificação do trabalho citado, a BHEGL apresenta os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo e Organossolo, conforme ilustrado na Figura 9 e detalhado na Figura 10.

Figura 9 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL, Uberlândia - MG.



Fonte: O autor (2019).

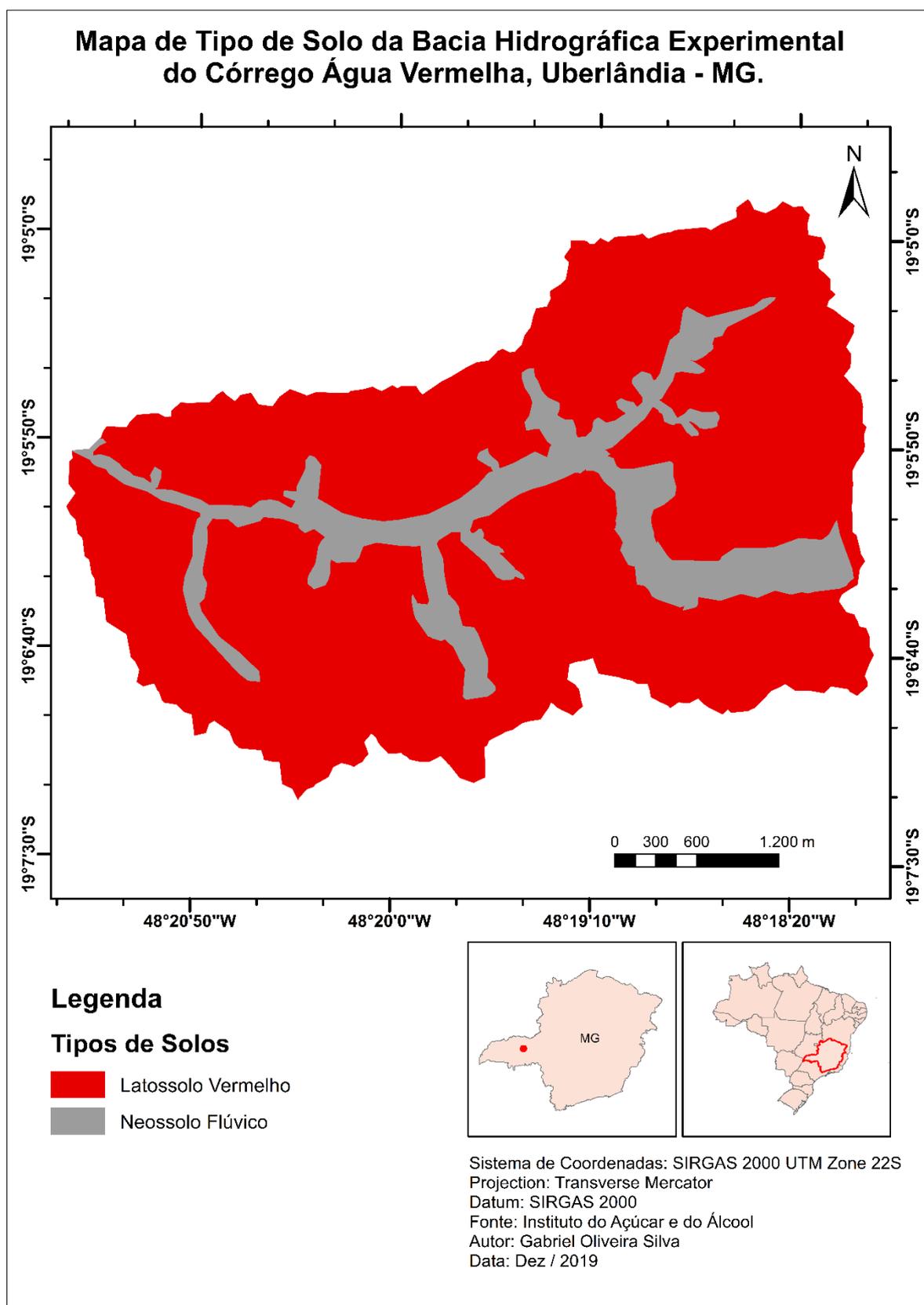
Figura 10 – Percentuais dos tipos de solos encontrados na BHEGL.



Fonte: O autor (2019).

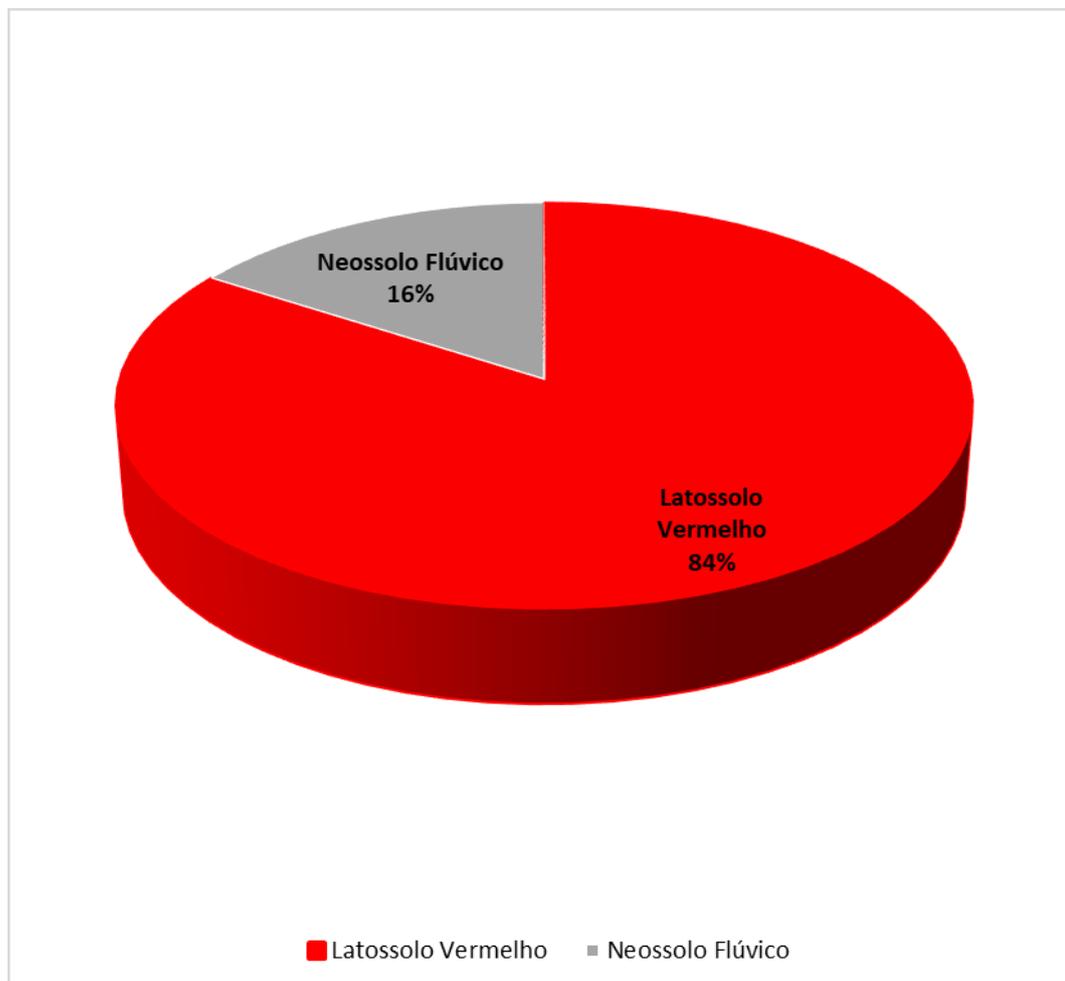
O enquadramento das classes de solo da BHEAV foi obtido por meio do levantamento detalhado dos solos da Estação Experimental Regional do Triângulo Mineiro, executado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA, 1982). Os solos foram classificados em Neossolo Flúvico e Latossolo Vermelho, conforme ilustrado na Figura 11 e detalhado na Figura 12.

Figura 11 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Limpa, Uberlândia – MG.



Fonte: O autor (2019).

Figura 12 – Percentuais dos tipos de solos encontrados na BHEAV.



Fonte: O autor (2019).

3.6 Monitoramento Hidrológico

Os dados de vazão e chuva utilizados neste trabalho foram provenientes das estações fluviométricas e pluviométricas instaladas nas citadas bacias (Figuras 1 e 2). As vazões dos córregos do Glória e Água Vermelha foram obtidas com uso das curvas-chave (Equação 1 e 2, respectivamente), a partir do monitoramento do nível da água (cota) medida na seção de controle. A frequência de armazenamento dos dados de chuva e a cota foram num intervalo de cinco minutos, sendo o processo de medição e armazenamento totalmente automatizado. Os dados de vazão e chuva utilizados foram coletados no período de 16/11/2015 a 05/08/2019.

$$Q = 6,2376 \times H^{0,8978} \quad (1)$$

$$Q = 9,004 \times H^{0,6174} \quad (2)$$

Onde: Q é a vazão ($L s^{-1}$); H é a altura ou cota do nível da água (cm).

3.7 Procedimento para a determinação do escoamento superficial direto (ESD)

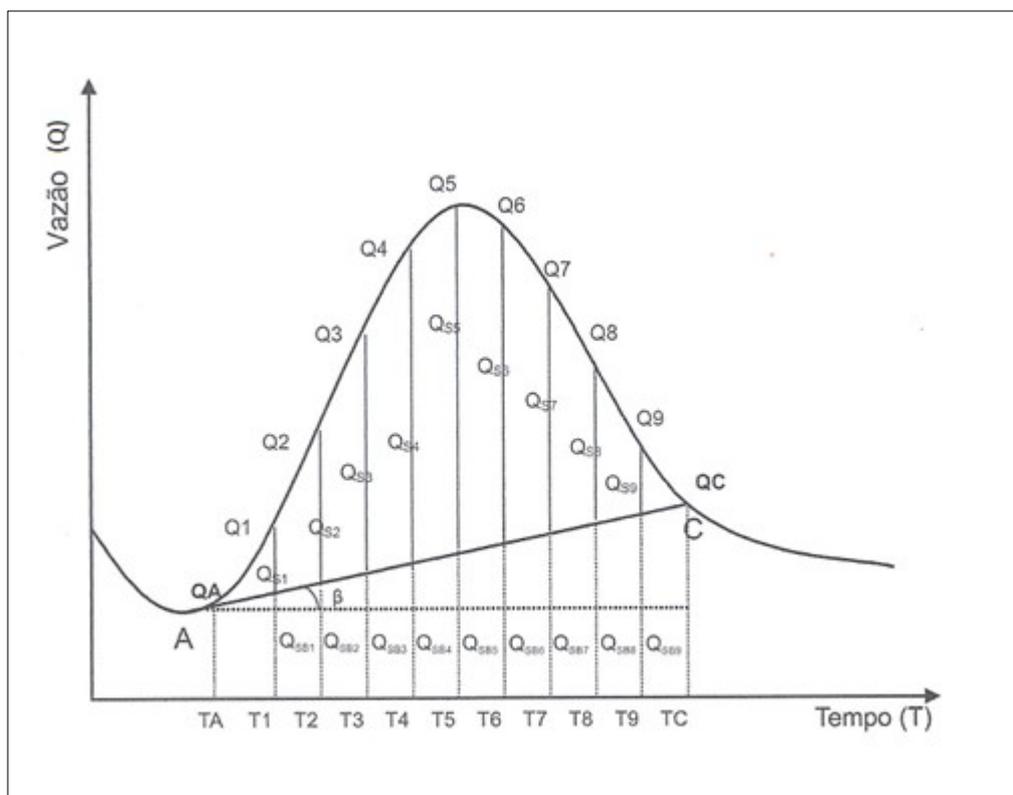
Neste trabalho, o escoamento superficial direto (ESD) foi determinado a partir da subtração do escoamento de base do escoamento total. A Figura 13 ilustra a forma de determinação do escoamento superficial direto, conforme descrito por Mello e Silva (2013).

A inflexão A (Figura 13) pode ser determinada visualmente a partir do aumento repentino dos valores de vazão ao longo do tempo. No entanto, o ponto de inflexão C foi determinado considerando o final do escoamento superficial, representado na parte final do hidrograma (Figura 13). Neste trabalho, o ponto C foi encontrado na planilha de dados de vazão, por meio da Equação 3.

$$K = \left| LN \cdot \left(\frac{Q_f}{Q_i} \right) \right| \quad (3)$$

Portanto, o ponto de inflexão C foi obtido pela razão da vazão final (Q_f) e inicial (Q_i), até que a divisão resulte em um valor constante (K), o qual representa o ponto C do hidrograma. Neste trabalho o ponto C foi determinado na segunda vez em que a constância foi verificada.

Figura 13 – Procedimento linear para separação do escoamento superficial direto.



Fonte: Mello e Silva (2013).

A separação do escoamento superficial direto do escoamento de base foi obtida através da metodologia descrita em Mello e Silva (2013), que considera linear o comportamento do escoamento de base entre os pontos A e C, com alterações proporcionais à inclinação da reta AC, para cada evento chuvoso. A inclinação da reta AC é dada pela Equação 4.

$$m = \operatorname{tg}(\beta) = \left(\frac{QC - QA}{TC - TA} \right) \quad (4)$$

Onde: m é inclinação da reta AC ($L s^{-2}$); QC é vazão superficial medida no ponto C ($L s^{-1}$); QA é vazão superficial medida no ponto A ($L s^{-1}$); TC é tempo no ponto C (s) e TA é tempo no ponto A (s).

Com a obtenção da inclinação da reta AC foi calculado o valor a ser incrementado às vazões de escoamento em cada intervalo de tempo das vazões a partir de QA, conforme a Equação 5.

$$J = m \cdot \Delta t \quad (5)$$

Onde: J é valor a ser incrementado às vazões ($L s^{-1}$) e Δt intervalo de tempo entre as vazões (s).

Após obtenção do valor a ser incrementado a partir do escoamento em QA, foram determinadas as vazões subterrâneas (Q_{SB}), por meio da Equação 6.

$$Q_{SB1} = QA + J; Q_{SB2} = Q_{SB1} + J; Q_{SB3} = Q_{SB2} + J; \dots \quad (6)$$

Onde: $Q_{SB1,2,3\dots}$ vazão subterrânea nos tempos 1, 2 e sucessivamente ($L s^{-1}$).

Dessa forma, a soma da vazão antecedente ao ponto de inflexão C, adicionado J , será igual a Q_C . Após isso, foram calculadas as vazões do escoamento superficial direto, pela Equação 7.

$$Q_{S1} = Q_1 - Q_{SB1}; Q_{S2} = Q_2 - Q_{SB2}; Q_{S3} = Q_3 - Q_{SB3} \dots \quad (7)$$

Onde: $Q_{S1,2,3\dots}$ vazão superficial direta nos tempos 1, 2 e sucessivamente ($L s^{-1}$) e $Q_{1,2,3\dots}$ vazões medidas pelo linígrafo referente ao ponto 1, 2 sucessivamente da hidrógrafa ($L s^{-1}$).

Finalmente, por meio do método numérico da regra dos trapézios aproximados determinou-se o escoamento superficial direto (ESD), conforme a Equação 8.

$$ESD = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} \times \Delta T)}{A_{BH}} \quad (8)$$

Onde: ESD é a lâmina de escoamento superficial direto (mm) e A_{BH} é a área da bacia hidrográfica (m^2).

3.8 Procedimento para determinar o índice ϕ

O índice ϕ foi utilizado para se determinar a lâmina de abstração que é capaz de gerar o escoamento superficial direto. Segundo Tucci *et al.* (2015) (Equação 9) esse índice representa a infiltração média em cada evento de chuva na bacia.

$$\phi = \frac{PT - ESD}{N_0} \quad (9)$$

Onde: ϕ é a taxa de retenção média no solo de cada evento (mm); PT é a precipitação total de evento (mm) e N_0 é o número de ocorrência de cada evento de chuva.

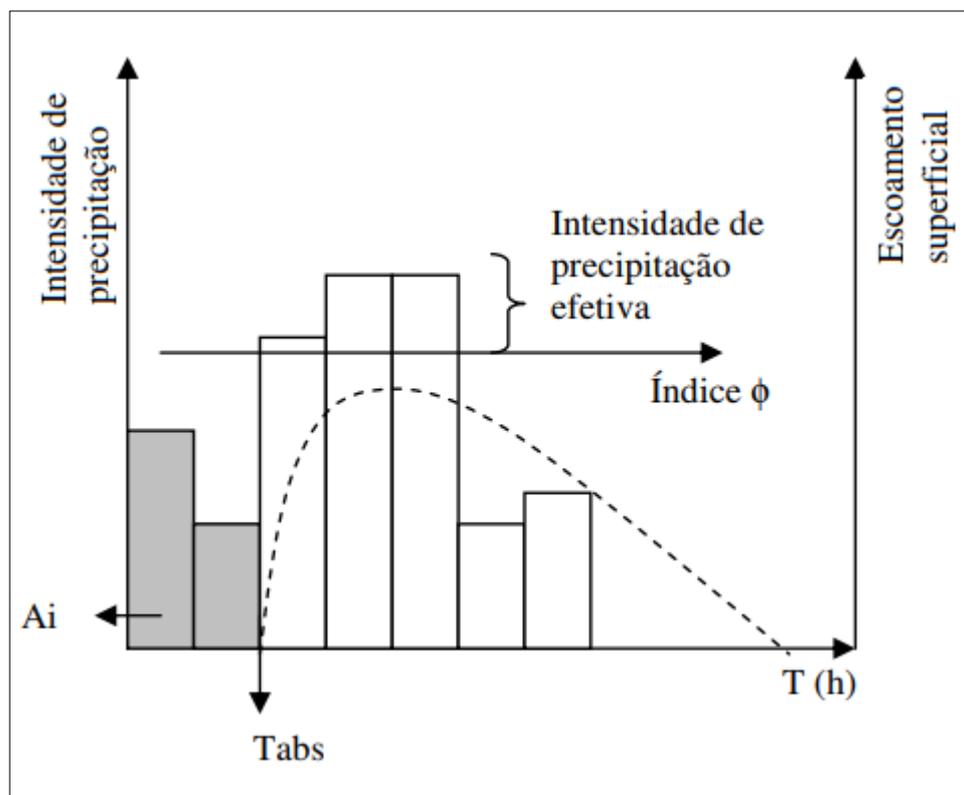
O uso desse índice pressupõe que a parcela de absorção máxima do solo é igual ao valor ϕ . Qualquer evento de chuva em um determinado intervalo de tempo que gerar um volume maior que ϕ , irá contribuir para o escoamento superficial direto na bacia.

3.9 Procedimento para a determinação da lâmina de abstração e do tempo de abstração

Segundo MELLO *et al.* (2003), a abstração inicial pode ser obtida por meio da união do hidrograma com o respectivo hietograma que produziu o evento de escoamento superficial direto (Figura 14). Esse método se baseia nos seguintes conceitos:

- tempo de abstração: é o tempo decorrido entre o começo da precipitação e o começo do escoamento superficial;
- lâmina de abstração: é a lâmina precipitada que ocorreu antes da precipitação efetiva, determinada com base no índice ϕ . Esta lâmina representa a infiltração média na bacia.

Figura 14 – Representação da lâmina de abstração inicial (A_i) e do tempo de abstração inicial (T_{abs}).



Fonte: MELLO et al. (2003).

3.10 Procedimento para a determinação do índice de abstração inicial (λ)

Neste trabalho, a determinação do índice de abstração inicial (λ) seguiu parametrizações de Mishra e Singh (1999) (Equações 10, 11 e 12), conforme preconizado no método SCS-CN.

$$P = I_a + F + Q \quad (10)$$

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (11)$$

$$I_a = \lambda S \quad (12)$$

Onde: P é a precipitação total (mm); I_a é abstração inicial (mm); F é a infiltração acumulada ao longo da chuva (mm); Q é o escoamento superficial direto durante uma chuva (mm) e; S a capacidade máxima de armazenamento de água do solo (mm).

De acordo com Hawkins *et al.* (2009), para se obter o índice de abstração inicial (λ), deve-se conhecer a I_a e a capacidade máxima de armazenamento de água do solo (S) (Equação 13).

$$\lambda = \frac{I_a}{S} \quad (13)$$

O valor da abstração inicial foi obtido em cada hidrograma, somando-se a lâmina de chuva incidente na bacia até o que se verifique o início da chuva efetiva, conforme ilustrado na Figura 14. Nessa figura, Mello *et al.* (2013) denominou essa lâmina de chuva como A_i . O potencial máximo de infiltração no solo (S) foi determinado a partir da Equação 14 (HAWKINS *et al.*, 2009).

$$S = \frac{\sqrt{(P - I_a - Q)}}{Q} \quad 0 \leq Q \leq P \quad (14)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 3 e 4 apresentam os valores de chuva, lâmina escoada, duração da chuva, intensidade de chuva, capacidade de armazenamento de água no solo e o índice de abstração inicial (λ) na BHEGL e BHEAV, respectivamente.

Tabela 3 – Eventos de precipitação e vazão monitorados no período de dezembro/2015 a abril/2019 na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória – BHEGL.

Data	Chuva (mm)	Lâmina Escocada (mm)	Duração da Chuva (min)	Intensidade Chuva (mm h⁻¹)	S (mm)	λ (%)
19/12/2015	25,00	0,0582	100	15,0	83,1	1,93
04/01/2016	14,00	0,0295	60	14,0	118,3	1,52
05/01/2016	12,60	0,0611	135	5,6	51,1	5,48
06/01/2016	1,40	0,0012	20	4,2	886,5	0,02
11/01/2016	21,80	0,1430	160	8,2	31,0	6,45
13/01/2016	7,60	0,0243	75	6,1	91,9	2,83
17/01/2016	15,80	0,0506	105	9,0	73,3	2,73
27/01/2016	17,60	0,0110	75	14,1	366,7	0,38
11/02/2016	27,00	0,0589	160	10,1	80,3	5,73
03/03/2016	6,60	0,0195	140	2,8	118,7	1,01
10/03/2016	17,00	0,0527	95	10,7	77,7	0,26
11/03/2016	6,20	0,0327	45	8,3	63,9	2,82
14/03/2016	10,00	0,0202	35	17,1	155,1	0,13
13/05/2016	1,80	0,0035	30	3,6	358,4	0,06
03/06/2016	6,00	0,1730	30	12,0	13,7	1,46
09/12/2017	1,92	0,0011	40	2,9	1215,2	0,02
08/12/2017	2,66	0,0023	60	2,7	705,2	0,01
15/12/2017	10,29	0,0140	250	2,5	216,4	0,53
19/12/2017	1,68	0,0018	35	2,9	481,1	0,19
03/01/2018	8,85	0,0281	110	4,8	74,6	5,96
07/01/2018	15,78	0,0552	410	2,3	71,1	0,48
29/03/2018	2,84	0,0060	115	1,5	253,2	0,20
03/04/2018	27,76	0,0740	180	9,3	63,6	8,74
24/12/2018	15,87	0,1565	70	13,6	21,8	18,78
13/01/2019	2,26	0,0009	45	3,0	1617,5	0,02
26/01/2019	2,36	0,0024	105	1,3	599,7	0,05
12/02/2019	1,28	0,0032	35	2,2	308,3	0,09
14/02/2019	1,58	0,0043	75	1,3	275,0	0,05
18/02/2019	1,82	0,0080	40	2,7	157,8	0,13
20/02/2019	4,74	0,0004	30	9,5	5523,6	0,01
26/02/2019	11,33	0,0095	190	3,6	272,8	1,69
01/03/2019	6,47	0,0037	35	11,1	587,4	0,28
04/03/2019	0,90	0,0018	75	0,7	481,1	0,03
09/03/2019	1,71	0,0146	35	2,9	85,1	0,17
06/04/2019	1,62	0,0019	50	1,9	598,3	0,05
08/04/2019	2,71	0,0020	105	1,5	816,5	0,01

Fonte: O autor (2019).

Tabela 4 – Eventos de precipitação e vazão monitorados no período de dezembro/2016 a agosto/2019 na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.

(Continua)

Data	Chuva (mm)	Lâmina Escocada (mm)	Duração da Chuva (min)	Intensidade Chuva (mm h ⁻¹)	S (mm)	λ (%)
29/12/2016	25,25	0,0831	115	13,2	56,0	6,25
09/01/2017	9,00	0,0266	125	4,3	109,3	0,46
12/01/2017	28,75	0,0276	125	13,8	115,1	1,49
15/01/2017	14,00	0,0319	140	6,0	115,1	0,43
19/01/2017	21,75	0,0227	30	43,5	199,5	0,63
04/02/2017	50,25	0,0984	180	16,8	52,7	44,09
22/01/2017	13,25	0,0225	115	6,9	160,0	0,16
23/01/2017	12,75	0,0031	185	4,1	1086,9	0,12
27/02/2017	25,50	0,0190	100	15,3	252,7	0,99
01/03/2017	10,75	0,0216	95	6,8	148,2	0,34
05/03/2017	40,25	0,0909	175	13,8	67,3	4,09
06/04/2017	21,00	0,0203	80	15,8	168,6	5,49
16/05/2017	10,00	0,0067	65	9,2	443,3	0,28
22/05/2017	31,75	0,0516	175	10,9	91,8	10,07
16/10/2017	12,68	0,0131	40	19,0	244,3	1,00
30/12/2017	16,43	0,0138	115	8,6	237,1	2,40
13/01/2018	8,81	0,0111	100	5,3	260,2	0,17
12/02/2018	16,19	0,0099	100	9,7	345,6	1,27
17/03/2018	9,31	0,0065	50	11,2	454,2	0,15
03/04/2018	11,07	0,0110	140	4,7	234,1	1,87
19/05/2018	15,37	0,0240	90	10,2	146,5	2,01
15/06/2018	10,50	0,0186	90	7,0	129,6	3,62
25/10/2018	12,37	0,0248	95	7,8	103,2	5,63
01/11/2018	16,06	0,0272	290	3,3	134,6	1,95
03/11/2018	14,86	0,0089	40	22,3	418,9	0,22
04/11/2018	14,37	0,0102	130	6,6	346,5	0,54
05/11/2018	14,74	0,0051	105	8,4	687,3	0,38
12/11/2018	3,75	0,0055	45	5,0	324,1	0,17
14/11/2018	4,06	0,0208	50	4,9	86,4	0,94
16/11/2018	20,19	0,0255	120	10,1	170,8	0,70
18/11/2018	23,18	0,0626	75	18,5	74,8	1,59
23/11/2018	8,87	0,0124	205	2,6	228,6	0,38
22/12/2018	28,63	0,0179	140	12,3	238,1	4,39
25/12/2018	9,88	0,0134	125	4,7	186,7	1,94
26/12/2018	15,88	0,0148	90	10,6	232,8	1,75
31/12/2018	23,62	0,0533	65	21,8	85,9	3,06
01/01/2019	19,37	0,0396	200	5,8	84,4	9,70
07/01/2019	10,37	0,0022	55	11,3	1433,5	0,05

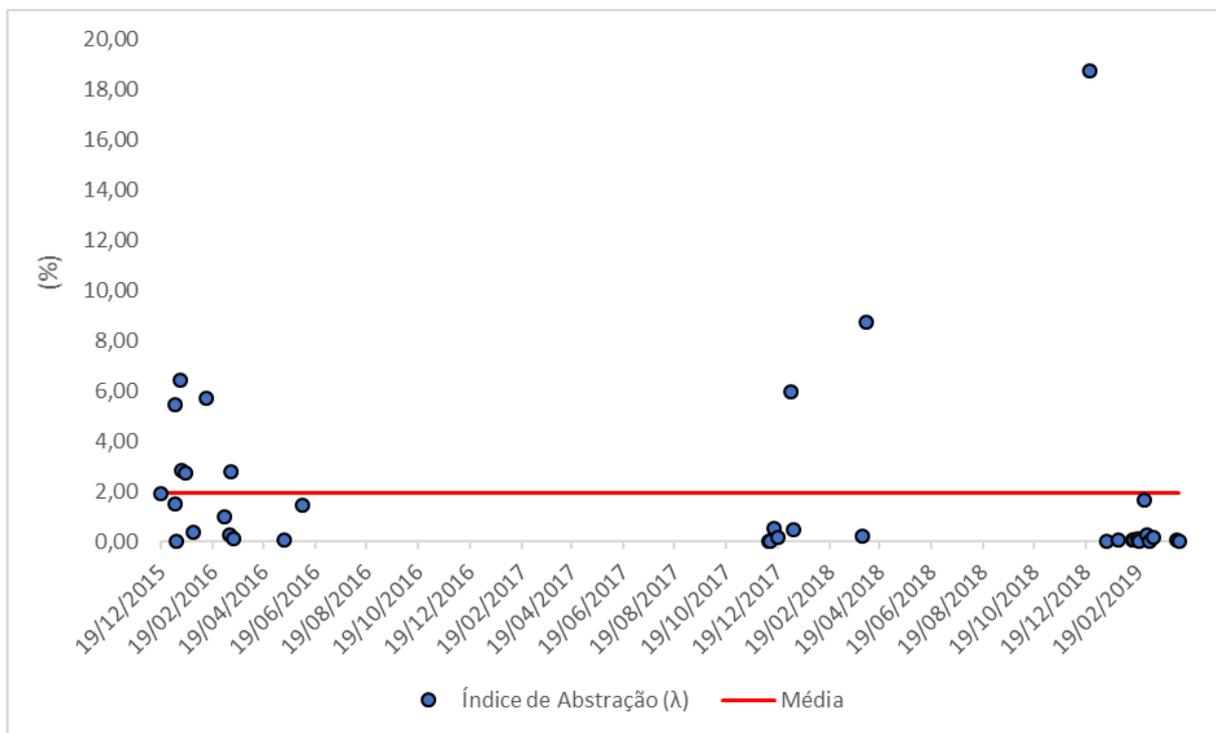
(Continuação)

Data	Chuva (mm)	Lâmina Escocada (mm)	Duração da Chuva (min)	Intensidade Chuva (mm h ⁻¹)	S (mm)	λ (%)
13/01/2019	13,82	0,0165	75	11,1	185,1	2,40
22/01/2019	7,49	0,0070	35	12,8	364,0	0,26
25/01/2019	15,19	0,0076	265	3,4	505,4	0,07
15/02/2019	10,19	0,0159	100	6,1	188,8	0,63
18/02/2019	16,12	0,0377	75	12,9	89,0	5,41
20/01/2019	5,06	0,0106	30	10,1	183,8	0,68
26/01/2019	5,44	0,0056	70	4,7	314,4	0,75
01/03/2019	13,56	0,0226	155	5,3	149,9	1,38
10/03/2019	10,06	0,0176	80	7,5	162,9	1,12
04/05/2019	5,50	0,0043	50	6,6	458,5	0,35
11/05/2019	5,32	0,0106	65	4,9	179,4	0,94
17/05/2019	21,88	0,0203	225	5,8	226,8	0,30
05/08/2019	20,56	0,0363	195	6,3	115,2	2,61

Fonte: O autor (2019).

Analisando os valores do índice de abstração inicial (λ) obtidos para a BHEGL (Figura 15) observa-se que os valores variaram de 0,01 a 18,78%, resultando em uma média de 1,95%, desvio padrão de 3,61 e coeficiente de variação de 185,1%.

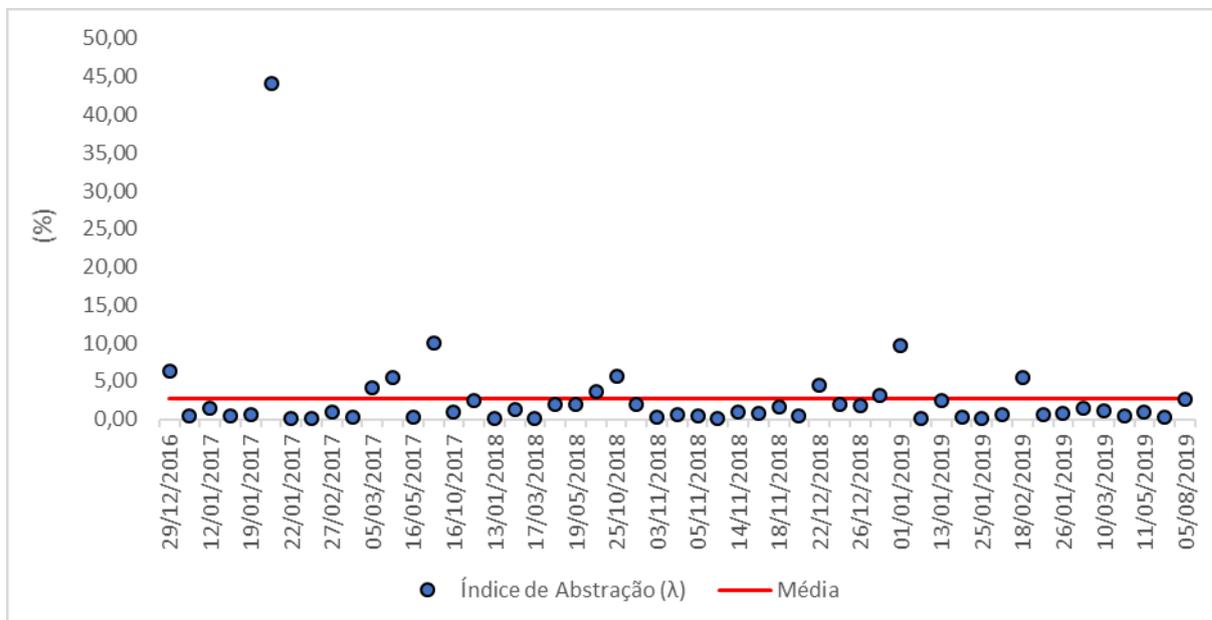
Figura 15 – Dados do Índice de abstração inicial (λ) obtidos para a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória – BHEGL, no período de dezembro/2015 a abril/2019. Uberlândia – MG.



Fonte: O autor (2019).

Na Figura 16 estão compilados os valores de índice de abstração inicial (λ) encontrados na BHEAV. Analisando-a nota-se que os valores variaram de 0,05 a 44,09%, resultando em uma média de 2,70%, com desvio padrão de 6,28 e coeficiente de variação de 232,6%.

Figura 16 – Dados do Índice de abstração inicial (λ) obtidos para a Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV, no período de dezembro/2016 a agosto/2019. Uberlândia – MG.



Fonte: O autor (2019).

Os resultados de λ obtidos neste trabalho mostram valores diferentes daquele preconizado para o método SCS-CN, que é 20% (NRCS, 2004). Ressalta-se, porém, que o valor indicado no método SCS-CN foi obtido em condições de solo e clima das bacias hidrográficas americanas, portanto, diferente das condições tropicais das bacias deste estudo.

A BHEGL apresenta particularidades como represamento, parcela de área urbanizada e presença de rodovia pavimentada. O represamento retarda o escoamento superficial e ampliação de extensão sujeita à evaporação. A área impermeabilizada diminui a infiltração no solo e a rodovia atua como um obstáculo ao escoamento superficial, propiciando maior tempo à infiltração no solo em prejuízo do escoamento.

A BHEAV possui uso e ocupação totalmente rural favorecendo a infiltração de água no solo, interferindo na grandeza do índice de abstração inicial, que neste caso teve seu máximo de 44,09%, mais que o dobro do valor do parâmetro em questão utilizado no SCS-CN de 20%.

Segundo Alves *et al.* (2019) a estimativas de vazão obtidos na bacia hidrográfica de Jaguará, Minas Gerais tiveram maior precisão quando λ foi definido

entre 2 e 5%. Os resultados encontrados neste trabalho, para as bacias BHEGL e BHEAV estão consonância com aqueles obtidos por Alves *et al.* (2019). Mello *et al.* (2003) encontraram valores de λ da ordem 1,55 %, muito inferior, portanto, ao preconizado no método SCS-CN.

O comportamento do índice de abstração inicial está atrelado aos tipos de solo, usos e ocupação, relevo e umidade do solo (NRCS, 2004). O uso do solo tende a retardar o escoamento superficial e aumentar as perdas com retenção em serapilheira, troncos e raízes das plantas, relevo e as condições iniciais da umidade (TUCCI *et al.*, 2015).

A variável de entrada fundamental neste contexto é o índice de abstração inicial, como se observa pelos estudos de correlação constante da Tabela 5, verificando-se a importância que esta variável exerce na geração do escoamento superficial.

Tabela 5 – Correlações entre as variáveis associadas ao índice de abstração inicial (λ) Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Glória – BHEGL e Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha – BHEAV.

Bacia	chuva x λ	Lâmina x λ	Duração x λ	S x λ	Intensidade x λ
Glória	0,54	0,70	0,16	-0,24	0,37
Água Vermelha	0,67	0,65	0,23	-0,25	0,16

Fonte: O autor (2019).

As variáveis que apresentaram correlações mais significativas foram a lâmina escoada e a chuva. Os valores de correlação encontrados mostram que existe boa relação de causa-efeito entre as variáveis. Dentre esses dois fatores associados ao índice (λ) podemos inferir a possibilidade de manejo da bacia hidrográfica referente a lâmina escoada, através da adoção de práticas adequadas de usos e ocupação do solo, no que se refere a destinação de áreas à urbanização, agricultura, recreação, industrialização, etc., favorecendo a infiltração de água no solo.

O cenário atual aponta para a necessidade de evidenciar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. Assim, o manejo sustentável de recursos naturais na bacia hidrográfica é fundamental, devendo-se empregar técnicas de contenção de escoamento superficial de águas pluviais para recarga do lençol

freático, como curvas de nível, bacias de contenção, manutenção das estradas rurais e plantio direto (SANTANA, 2003). Em áreas urbanas é necessário planejar zonas de amortecimento, valetas de infiltração, pavimentos porosos e armazenamento de água das chuvas.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, o parâmetro λ do SCS-CN método foi avaliado para duas Bacias Hidrográfica Experimentais do Córrego do Glória e Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego Água Vermelha. Os resultados demonstraram que:

- Na BHEGL o índice de abstração apresentou uma média de 1,95%. A BHEAV apresentou média de 2,70%. As duas bacias estudadas apresentaram valores médios de índice de abstração menores do que os valores indicados por SCS-CN (20%).
- Estes resultados demonstram que a metodologia usualmente empregada referente a abstração inicial de 20% da capacidade de infiltração no solo não condiz com a realidade do escoamento superficial nas bacias estudadas.
- O índice de abstração inicial apresentou correlação significativa com chuva e escoamento superficial direto. Este fato direciona à necessidade de adoção de práticas adequadas de usos e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. J. et al. Assessment of the Soil Conservation Service–Curve Number method performance in a tropical Oxisol watershed. **JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION**, v. 74, n. 5, p. 500-512, SEP/OCT 2019.
- ASF. Vertex is the Alaska Satellite Facility's data portal for remotely sensed imagery of the Earth. **Alaska Satellite Facility's**, 2019. Disponível em: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. Acesso em: 07 julho 2019.
- BARTLETT, M. S. et al. Beyond the SCS-CN method: A theoretical framework for spatially lumped rainfall-runoff response. **Water Resources Research**, v. 52, n. 6, May 2016.
- CALIL, P. M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2011.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recurso Hídricos - ABRH, 2015. 336 p.
- COSTA, F. F. D.; PAZ, A. R. D.; PICCILLI, G. A. Modified NRCS-CN-TUH methods for distributed rainfall-runoff modeling. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** , Porto Alegre, v. 24 e 21, January 2019.
- CRUZ, M.; PINESE JÚNIOR, ; RODRIGUES, S.. Abordagem cartográfica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 62, p. 505-516, Março 2010.
- DO VALLE JUNIOR, C. G.; RODRIGUES, B. B.; OLIVEIRA , P. T. S. D. Initial abstraction ratio and Curve Number estimation using rainfall and runoff. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 24, n. 5, 2019.
- HAWKINS, R. H. et al. **Curve Number Hydrology**. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2009. 106 p. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784410042>>.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. **Levantamento Detalhado dos solos da Estação Experimental Regional do Triângulo Mineiro**. Uberlândia: IAIA, 1982. 48 p.

MELLO, ; LIMA, ; SILVA, M. D. Simulação do deflúvio e vazão de pico em microbacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 4, p. 410-419, fev. 2007.

MELLO, C. R. D. et al. Abstração inicial da precipitação em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 494-500, dezembro 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v7n3/v7n3a15.pdf>>. Acesso em: 8 Julho 2019.

MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. **Hidrologia**: princípios e aplicações em sistema agrícolas. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

MISHRA, S. K. et al. A modified SCS-CN method: Characterization and testing. **Water Resources Management**, v. 17, n. 1, p. 37-68, November 2003. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023099005944>>. Acesso em: 8 julho 2019.

MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. Another Look at SCS-CN Method. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 4, n. 3, p. 257-264, julho 1999. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%291084-0699%281999%294%3A3%28257%29>>. Acesso em: 8 Julho 2019.

MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. Validity and extension of the SCS-CN method for computing infiltration and rainfall-excess rates. **Hydrological Processes**, v. 18, n. 17, p. 3323-3345, 2004. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.1223#accessDenialLayout>>. Acesso em: 8 Julho 2019.

NRCS. Part 630 Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. **Part 630 Hydrology National Engineering Handbook**, 2004. Disponível em: <<https://directives.sc.egov.usda.gov/viewerfs.aspx?hid=21422>>. Acesso em: 11 Julho 2019.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Curve number estimation from Brazilian Cerrado rainfall and runoff data. **JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION**, v. 71, p. 420-429, SEP-OCT 2016.

PONCE, M.; HAWKINS, R. H. RUNOFF CURVE NUMBER: HAS IT REACHED MATURITY? **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 1, p. 11-19, 1996.

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

TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015.

UBERLÂNDIA (CIDADE) (2017). **PLANO DIRETOR**. UBERLÂNDIA: Prefeitura do Município de Uberlândia.