

Gestão de bacias hidrográficas; Aproveitamento de água pluvial.

Leonardo Geronimo Prock^{1*}

Marcos Henrique Gentil^{2*}

Mateus Portugal Elizei^{3*}

Tiely Zurlo Mognhol^{4**}

RESUMO

Este estudo investigou a maneira como as águas da chuva são gerenciadas em um loteamento urbano em Varginha, Minas Gerais, com foco na prevenção de eventos relacionados à precipitação. Os resultados indicaram que há uma baixa probabilidade de ocorrência desses eventos, considerando as condições locais. No entanto, ressaltou-se a importância de pesquisas futuras e práticas de planejamento urbano para lidar com as mudanças climáticas e o crescimento da cidade. Recomenda-se a implementação de estratégias sustentáveis e medidas para controlar o escoamento das águas pluviais com vistas a garantir a segurança da comunidade diante dos desafios hídricos futuros. O estudo enfatiza o quanto é importante estar ciente e agir proativamente na gestão responsável dos recursos hídricos em áreas urbanas.

Palavras-chave: Varginha. Precipitação. Gestão.

1 INTRODUÇÃO

A falta de preocupação por parte dos seres humanos em relação ao meio ambiente, evidente na poluição e exploração irresponsável dos recursos naturais, é uma questão constante que está enraizada no crescimento da população mundial. Esse aumento populacional tem aumentado a demanda por recursos naturais, o que destaca a importância de repensarmos nossas práticas no uso e gestão de recursos essenciais, como a água.

Dados do UNIÁGUA (2004) enfatizam a importância da água para a sobrevivência de todas as formas de vida na Terra, mas também ressaltam sua disponibilidade limitada. A maior parte da água no planeta é salgada e difícil de acessar, restando apenas uma pequena porção de água doce prontamente disponível para consumo humano. A distribuição desigual da população tem exacerbado a

escassez de água em algumas regiões, como mostrado por GHISI (2004) ao mencionar a Região Sudeste do Brasil. Essa região abriga 43% da população do país, mas possui apenas 6% do potencial hídrico.

Diante desses desafios, a gestão das bacias hidrográficas emerge como uma solução fundamental. As características físicas e geomorfológicas das bacias hidrográficas, juntamente com a forma como o solo é usado e ocupado, desempenham um papel importante na influência dos processos hidrológicos (DESTOUNI, 2012). É crucial gerir adequadamente essas bacias para maximizar o aproveitamento da água da chuva e prevenir inundações. Ao analisar detalhadamente as características das bacias hidrográficas, podemos ter uma compreensão mais aprofundada da dinâmica da água, permitindo seu uso sustentável, levando em consideração fatores como a vazão que pode ser encontrada pelo coeficiente de escoamento.

A vazão é essencial, pois quantifica a quantidade de água que flui nos rios, fornecendo informações valiosas para um planejamento eficiente do uso da água e o gerenciamento de eventos com chuvas intensas. Isso promove um uso responsável dos recursos hídricos, evitando desperdícios.

O coeficiente de escoamento (coeficiente de Runoff) é um cálculo crucial, pois revela a proporção da chuva que se transforma em escoamento superficial, em contraste com a absorção pelo solo, (Moraes, 2007) . Esse coeficiente depende da topografia, tipo de solo e uso da terra. Em áreas com vegetação abundante e solo permeável, menos água se torna escoamento superficial, reduzindo o risco de inundações. Nas áreas urbanas onde o solo é impermeável, entender o coeficiente de escoamento auxilia no planejamento de infraestruturas que minimizam enchentes.

Tal abordagem se justifica porque a gestão das bacias hidrográficas desempenha um papel vital na utilização sustentável da água e na prevenção de inundações. Isso se torna especialmente importante diante dos desafios ambientais atuais. Promover o uso consciente da água e aumentar a conscientização sobre a importância de preservar os recursos hídricos são medidas cruciais para assegurar um futuro sustentável para as próximas gerações.

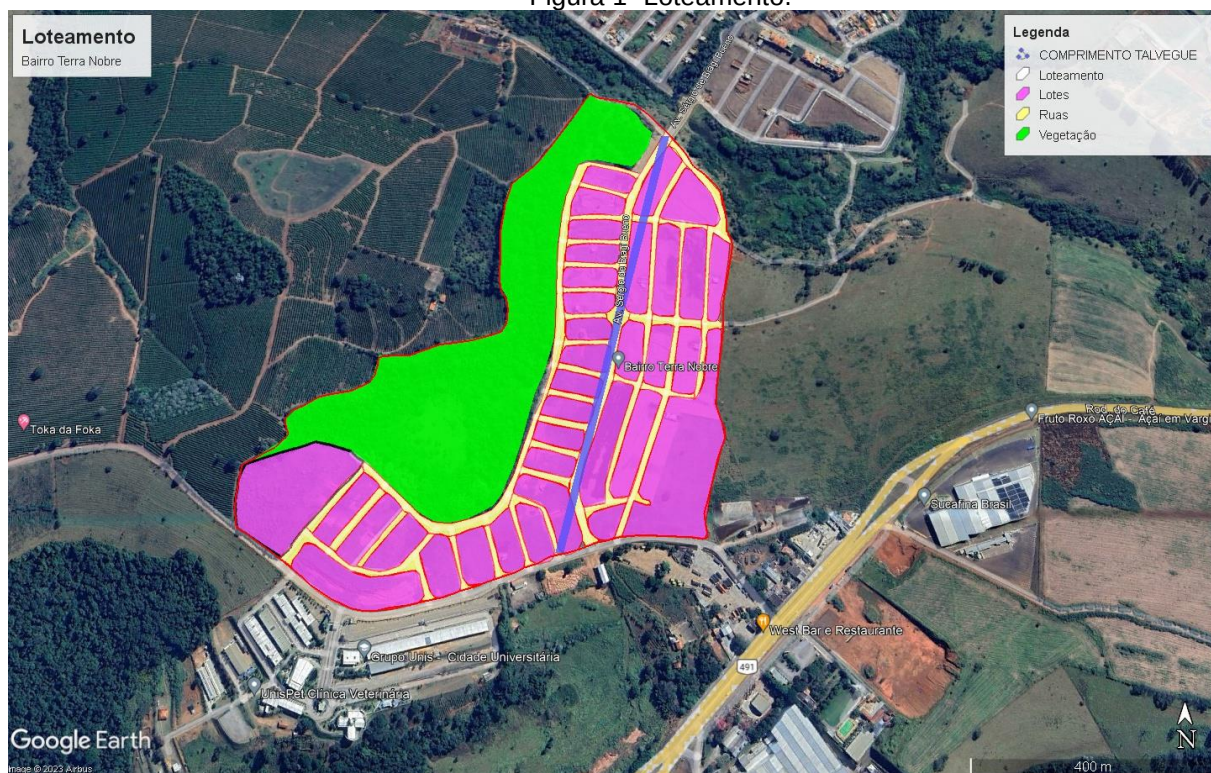
2 REVISÃO DE LITERATURA

A escolha de um loteamento como local de pesquisa para uma bacia hidrográfica é frequentemente motivada por diversos fatores estratégicos e de relevância ambiental. Loteamentos urbanos representam uma unidade geográfica onde a interação entre o ambiente construído e o natural é bem definida. Isso torna esses locais ideais para o estudo das consequências do desenvolvimento urbano sobre as bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997, *apud* PORTO 2008; PORTO, 2008)

A figura 1 detalha o loteamento com distinções de área com edificações, área de pavimentação e área verde.

Figura 1- Loteamento.



Fonte: adaptado de Google Earth, 2023

A bacia hidrográfica do loteamento apresenta características peculiares que resultam da interação entre o ambiente natural e a influência humana. Conforme destacado por, Guerra e Cunha (1996) citaram que as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

Nessa região, ocorre frequentemente uma transformação do ambiente natural devido ao crescimento urbano, expansão de infraestruturas e mudanças no uso da terra. Isso pode resultar em um aumento da impermeabilização do solo devido à pavimentação e construção de edifícios, levando a um aumento nas enchentes e escoamento superficial, uma vez que a água da chuva não consegue infiltrar-se adequadamente no solo. Além disso, a presença de estradas, áreas industriais e zonas residenciais em áreas suburbanas pode aumentar a carga de poluentes na água da bacia hidrográfica, afetando a qualidade da água. A figura 2 e 3 detalham o loteamento.

Figura 2: loteamento Bairro Terra Nobre



Fonte: Google maps, 2023

Figura 3: loteamento



Fonte: Google maps, 2023

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, adotou-se o método de pesquisa de estudo de caso para analisar o loteamento de Varginha, situado em Minas Gerais. Para determinar a vazão máxima em áreas específicas, utilizou-se o método racional. A delimitação dessas áreas foi feita utilizando ferramentas disponíveis no Google Earth. Essa abordagem metodológica permitiu uma análise detalhada e específica do comportamento hidrológico do loteamento, levando em consideração os parâmetros e características relevantes para o estudo da vazão máxima. Nos tópicos a seguir serão apresentados os cálculos adotados para chegar até a vazão máxima do local de estudo:

3.1 Coeficiente de runoff

Para se calcular a vazão de projeto, segundo Tucci et al (1995), o método racional é o mais recomendado para áreas de até 2km². Neste método leva-se em consideração o coeficiente de Runoff (equação 01);

$$C_{\text{médio}} = \frac{\sum(A1 \times C1 + A2 \times C2 \dots + An \times Cn)}{\sum(A1 + A1 \dots + An)}$$

(Equação 01)

Na equação, temos:

- $C_{\text{médio}}$, que representa o coeficiente médio de escoamento superficial (adimensional).
- $C1, C2, Cn$, que são os coeficientes de escoamento superficial associados às áreas $A1, A2, An$ (adimensional);
- $A1, A2, An$, que representam as áreas correspondentes aos coeficientes $C1, C2, Cn$ (m²).

Os coeficientes de escoamento ou coeficiente de Runoff são determinados pelas seguintes áreas nas tabelas 1 e 2 a seguir:

Tabela 1:: Tabela Coeficiente de Runoff.

Descrição da Área	Tipo de Ocupação da Área	Coeficiente de runoff
Residencial	Residências isoladas	0,35 a 0,50
	Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
	Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
	Lotes com 2000m ² ou mais	0,30 a 0,45
Prédios de apartamentos	-	0,50 a 0,70
Industrial	Indústrias leves	0,50 a 0,80
	Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Sem melhoramentos	-	0,10 a 0,30

Fonte: MENDES, Luana Ferreira. **Escoamento superficial**. Varginha: Slide, 2023. 17 slides, color.

Tabela 2:: Coeficiente de Runoff; Pavimentação.

Características da Superfície	Coeficiente de runoff
Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Passeio	0,75 a 0,85

Fonte: MENDES, Luana Ferreira. **Escoamento superficial**. Varginha: Slide, 2023. 17 slides, color.

3.2 Equações george ribeiro

Neste tópico serão abordadas duas equações de George Ribeiro, “Tempo de escoamento superficial” e “Tempo de concentração”, com elas será possível chegar no tempo que leva para chegar em uma enchente no local estudado levando em consideração uma chuva de alta intensidade.

3.2.1 Tempo de escoamento superficial

A equação se dá por:

$$t_s = \frac{16l}{(1,05 - 0,2P) \times (100 \times I_m)^{0,04}}$$

(Equação 2)

Sendo;

- t_s - Tempo de escoamento superficial (min);
- L - Distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km);
- P - Porcentagem, da área da bacia coberta de vegetação (decimal);
- I_m - Declividade média do terreno ao longo do trecho L considerado (em m/m);

3.2.2 Tempo de concentração

É a medição do tempo necessário para o escoamento ocorrer do ponto mais remoto da bacia ao exutório. A equação é dada por:

$$t_c = t_s + t_i$$

(Equação 3)

Sendo:

- t_c - Tempo de concentração em minutos
- t_s - Tempo de escoamento Superficial
- t_i - Tempo de concentração do trecho inicial

3.3 Intensidade das chuvas

Neste tópico, é calculado a intensidade das chuvas pela equação IDF (intensidade, duração e frequência) com o auxílio do software “Plúvio 2.1”, que é um aplicativo da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A equação IDF se dá por:

$$I = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} = mm/h$$

(Equação 4)

Sendo:

- I - Intensidade máxima média da precipitação;
- T - Período de retorno em anos;
- t - Precipitação em minutos;
- K,a,b,c-Parâmetros relativos a localidade (informações extraídas do software “Plúvio2.1”)

3.4 Vazão máxima

Com as informações anteriores já prontas, já se pode calcular a vazão que se dá pela equação a seguir:

$$Q = C \times I \times A$$

(Equação 5)

Onde:

- Q – Vazão de pico (m3/s ou l/s).
- C – Coeficiente escoamento Superficial (adimensional).
- I – Intensidade de chuva (mm/h passar para m/s).
- A – Área da bacia hidrográfica (km2 passar para m2).

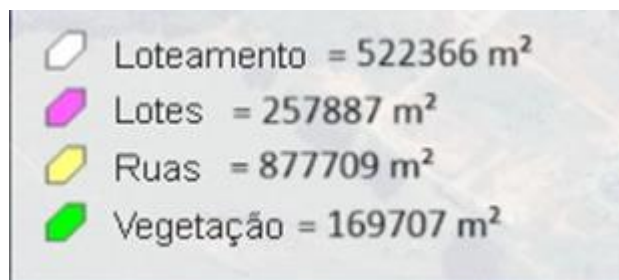
4 RESULTADOS

Neste tópico serão abordados os resultados de cálculos obtidos e serão discutidos sobre o que cada resultado significa;

4.1 Resultado coeficiente de runoff

Para encontrar o coeficiente médio foi necessário obter as áreas dos locais abordados e os seus devidos coeficientes, disponíveis nas tabelas 1 e 2, sendo assim na figura 4 a seguir são apresentadas as áreas dos locais de estudo;

Figura 4 : Áreas de estudo



Fonte: o autor

Os coeficientes de Runoff adotados para cada local são;

- Lotes= 0,45
- Vegetação= 0,3
- Ruas= 0,95

Com as áreas e coeficientes identificados, foi feita a substituição na equação 1;

$$C_{\text{médio}} = \frac{169707 \times 0,3 + 257887 \times 0,45 + 87709 \times 0,95}{522366} = 0,479$$

Olhando exclusivamente para o coeficiente obtido, 0,479 é um número baixo, sendo assim as chances para ocorrerem enchentes e inundações nesse loteamento em específico são baixas.

4.2 Resultados equações george ribeiro

Para dar prosseguimento com a equação é necessário adotar o “L”, ou seja, comprimento do talvegue, que é demonstrado na figura 1.

Dados equação:

- L=883 m
- P= 32,5%
- Im= 0,076m/m

Com os dados obtidos, substitua na equação 2:

$$ts = \frac{16 \times 0,883}{(1,05 - 0,2 \times 0,325) \times (100 \times 0,076)^{0,04}} = 13,225 \text{ min}$$

Com o “ts” obtido, pode se encontrar o tempo de concentração pela equação 3:

Dados:

- Ts =13,225
- Ti =10 min (é usado para vias e sarjetas, TUCCI et al, 1995, p.90).

$$Tc = 13,225 + 10 = 23,225 \text{ min}$$

Esse resultado indica o tempo que leva para ocorrer uma enchente em uma chuva de alta intensidade.

4.3 Resultados intensidade das chuvas

Para usar essa equação é necessário adotar os dados obtidos via software “Plúvio 2.1”, demonstrado na figura 5 a seguir:

Figura 5: Plúvio 2.1

Fonte: Plúvio 2.1

Dados:

- $T = 10$ anos para microdrenagem
- $t = 23,225$ min

Tendo os dados do plúvio e as outras incógnitas, é só substituir na equação 4:

$$I = \frac{5987,104 \times (10)^{0,325}}{(23,225 + 32,694)^{1,087}} = 4,43 \times 10^{-5} m/s$$

Esse valor seria a intensidade média de precipitação.

4.4 Resultados da vazão

Para realizar os cálculo foi necessário o levantamento dos seguintes dados:

- $C=0,479$
- $I=4,43 \cdot 10^{-5} m/s$
- $A=522366 m^2$

Substituindo na equação:

$$Q = 0,479 \times 522366 \times 4,43 \times 10^{-5} = 11,08 m/s \text{ ou } 11084,15 L/s$$

Esse resultado seria a vazão máxima dada pelas características do local.

4.5 Discussão

Com base nos resultados obtidos, foi possível determinar o tempo necessário para que a área alagada seja formada durante uma chuva intensa. O tempo de concentração mínimo identificado foi de aproximadamente 23 minutos, ou seja, em caso de uma chuva forte, levaria esse tempo para ocorrer um alagamento. Portanto, é improvável que enchentes ocorram com frequência nesse local devido à sua baixa probabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, os resultados desse estudo indicam que as possibilidades de enchentes e inundações deste loteamento são muito baixas devido ao tempo mínimo

de concentração encontrado. No entanto, isso não deve nos levar a ser complacentes, mas sim a nos incentivar a realizar futuras pesquisas e projetos relacionados ao assunto. É recomendado que sejam feitas análises mais abrangentes, considerando as mudanças climáticas e o crescimento urbano, para desenvolver estratégias sustentáveis e resilientes de gerenciamento das águas pluviais. Além disso, é essencial considerar a implementação de práticas de planejamento urbano que levem em conta uma gestão adequada das águas pluviais, com o objetivo de prevenir potenciais problemas futuros e garantir a segurança hídrica da comunidade.

SUMMARY

This study investigated the way rainwater is managed in an urban subdivision in Varginha, Minas Gerais, with a focus on preventing events related to precipitation. The results indicated that there is a low probability of these events occurring, considering local conditions. However, the importance of future research and urban planning practices to deal with climate change and city growth was highlighted. It is recommended that sustainable strategies and measures be implemented to control stormwater runoff to ensure community safety in the face of future water challenges. The study emphasizes how important it is to be aware of and act proactively in the responsible management of water resources in urban areas.

Keywords: Varginha. Precipitation. Management.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, Carlos Eduardo Nascimento. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3fa291d6-3443-430c-91ea-0ef83c371ca9/content>. Acesso em: 30 set. 2023.

GOOGLE Earth. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@0,-66.77009985,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA>. Acesso em: 26 out. 2023.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-339.

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3fa291d6-3443-430c-91ea-0ef83c371ca9/content>

https://www.academia.edu/13575911/Hydrological_responses_to_climate_change_conditioned_by_historic_alterations_of_land_use_and_water_use. Acesso em: 07 out. 2023.

MORAES, Gunter Assis. **IX-024 - ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL "C" UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO EM IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Frederico-Martins-De-Menezes-Filho/publication/342025979_ESTIMATIVA_DO_COEFICIENTE_DE_ESCOAMENTO_SUPERFICIAL_C_UTILIZANDO_SENSORIAMENTO_REMOTO_EM_IMAGEM_DE_ALTA_RESOLUCAO/links/5edee1b8a6fdcc4768909f75/ESTIMATIVA-DO-COEFICIENTE-DE-ESCOAMENTO-SUPERFICIAL-C-UTILIZANDO-SENSORIAMENTO-REMOTO-EM-IMAGEM-DE-ALTA-RESOLUCAO.pdf. Acesso em: 08 out. 2023.

PLUVIO-PLATAFORMA de Monitoramento Climático. 2023. Disponível em: <https://pluvio.com.br>. Acesso em: 20 out. 2023.