

**ESTIMATIVA DA VAZÃO MÁXIMA DOS SETORES DA CIDADE  
UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO**

**MAXIMUM FLOW ESTIMATE OF BASIC AND PROFESSIONAL SECTORS AT  
PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO UNIVERSITY CITY**

**ESTIMACIÓN DE FLUJO MÁXIMO DE SECTORES BÁSICOS Y  
PROFESIONALES EN LA CIUDAD DE LA UNIVERSIDAD PROFESOR JOSÉ  
DA SILVEIRA NETTO**

**Bruna Lira**

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, Brasil

[bruna.lira@itec.ufpa.br](mailto:bruna.lira@itec.ufpa.br)

**Lindemberg Lima Fernandes**

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, Brasil

[linlimfer@gmail.com](mailto:linlimfer@gmail.com)

**Germana Menescal Bittencourt**

Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, Brasil

[germana.menescal@gmail.com](mailto:germana.menescal@gmail.com)

**RESUMO**

Enchentes e alagamentos são cada vez mais frequentes, causados principalmente pela intensa urbanização, provocando o aumento do pico de vazão, ocasionando vários problemas sociais, econômicos e de saúde pública. Neste contexto, através do método racional estimou-se a vazão máxima do sistema de drenagem dos setores básico e profissional da Cidade Universitária. No desenvolvimento do trabalho, subdividiu-se a área em microbacias de drenagem de acordo com a topografia e classificou-se o uso do solo para determinar o coeficiente de escoamento superficial. Posteriormente, realizou-se a caracterização hidrológica para ambos os setores, com o cálculo da intensidade das precipitações em função de diversos tempos retorno e determinação do tempo de concentração. As vazões máximas apresentaram 25,73% de diferença percentual devido às formas de uso do solo e os resultados podem ser utilizados em avaliações de enchente e obras de drenagem na área de estudo.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana; Método racional; UFPA.

**ABSTRACT**

Floods and overflows are becoming more frequent, mainly caused by intense urbanization, causing an increase of the peak flow, causing many social, economic and public health problems. In this context, it was used the rational method to estimate the maximum flow of drainage systems of basic and professional sectors of the University City. In the work developing, it was subdivided the area of study in watersheds draining according to the topography and it was classified the land use to determine the runoff coefficient. Later, it was made the hydrologic characterization for both sectors, calculating the intensity of rainfall due to return several times and the determination of concentration time. The maximum flow rates featured 25.73% of

percentage difference due to the forms of land use and the results can be used in flood rating and drainage works in the study area.

**Keywords:** Urban drainage; Rational method; UFPA.

## RESUMEN

Las inundaciones y los desbordamientos son cada vez más frecuentes, causados principalmente por la intensa urbanización, lo que provoca un aumento del flujo máximo y causa muchos problemas sociales, económicos y de salud pública. En este contexto, se utilizó el método racional para estimar el flujo máximo de los sistemas de drenaje de los sectores básicos y profesionales de la Ciudad Universitaria. En el trabajo en desarrollo, se subdividió el área de estudio en las cuencas hidrográficas que drenan de acuerdo con la topografía y se clasificó el uso del suelo para determinar el coeficiente de escorrentía. Posteriormente, se realizó la caracterización hidrológica para ambos sectores, calculando la intensidad de lluvia debida al retorno varias veces y la determinación del tiempo de concentración. Los caudales máximos mostraron un 25,73% de diferencia porcentual debido a las formas de uso de la tierra y los resultados se pueden utilizar en la clasificación de inundaciones y los trabajos de drenaje en el área de estudio.

**Palabras clave:** drenaje urbano; Flujo máximo; Método racional; UFPA.

## INTRODUÇÃO

A Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto é uma importante instituição de ensino, pesquisa e extensão da Amazônia. O campus universitário cresceu as margens do rio Guamá e ao longo dos anos transformou-se para atender as demandas das atividades institucionais de graduação e pós-graduação. Segundo o jornal Beira rio cerca de 50 mil pessoas compõe a Universidade Federal do Pará (UFPA), composta por docente, discentes, técnicos, terceirizados e visitantes (UFPA, 2016).

O padrão de desenvolvimento e crescimento da Cidade Universitária ocorreu de forma desordenada, apresentando inúmeros problemas urbanos de infraestrutura, mobilidade e saneamento, os quais se assemelham com o acelerado e conturbado processo de urbanização da maioria dos municípios brasileiros. Pode-se citar como exemplo as alterações no processo de uso e ocupação do solo, tais como: retirada da vegetação e aterramento de áreas alagáveis para construções de prédios e vias.

Para Tucci (2007) o desenvolvimento urbano é a fonte de vários impactos. Os efeitos desse processo fazem-se sentir sobre o meio ambiente urbano e a população. Soares (2002) aponta a ineficiência de planejamento e a crescente demanda como os responsáveis. Logo, à medida que as cidades crescem, aumentam-se as áreas construídas, a canalização de rios e

riachos e diminuição das áreas verdes, causando assim, o aumento da vazão máxima que, segundo Botelho (1998) é um reflexo da minimização do percentual de áreas de infiltração.

Eventualmente, as cidades apresentam condições propícia a enchentes e inundações. Para Genovez (2003) as vazões máximas trazem impactos negativos, pois podem provocar perdas econômicas, danos ao desenvolvimento, bem como perdas de vidas humanas. Nesse caso, é necessário desenvolver infraestruturas de controle baseadas na probabilidade de ocorrência dos eventos, a exemplo do dimensionamento de estruturas hidráulicas de drenagem, tais como: condutos, canais, bueiros, e etc., que são construídos em função da vazão máxima de projeto.

A vazão máxima pode ser obtida através de métodos sintéticos ou baseada em dados observados na região de interesse, os quais são adquiridos em estações de monitoramento, através de medições constates. Já em locais que não possuem medições contínuas de descarga, a determinação da vazão máxima se faz por metodologias que se baseiam nas informações disponíveis, como apresentados nos artigos de Bianchi et al. (2012), Jabur e Rizzi (2011) e Nunes e Fiori (2007). Desta forma, o estudo das características hidrológicas é fundamental para estimar a vazão máxima de bacias hidrográficas ou de drenagem, assim como mensurar o grau de urbanização da área. Além disso, pode indicar fenômenos relacionados as intensas vazões, como: erosão, inundação e outros.

À medida que a cidade cresce e se desenvolve temos o aumento das vazões de pico, devido mais superfícies impermeável e maior o escoamento através de condutos e canais. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo estimar a vazão máxima de projeto de sistemas de drenagem dos setores básico e profissional da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, em nível de macrodrenagem e microdrenagem, utilizando o método racional, que por definição torna o coeficiente de escoamento superficial (C) o maior responsável pelas vazões máximas, que são as que sobrecarregam as redes de drenagem.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Realizou-se primeiramente pesquisas bibliográficas em livros, periódicos, dissertações, teses, entre outros, a fim de obter-se o levantamento de dados e informações pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho. A metodologia do referido estudo foi dividida em três etapas, conforme observado na Figura 1.

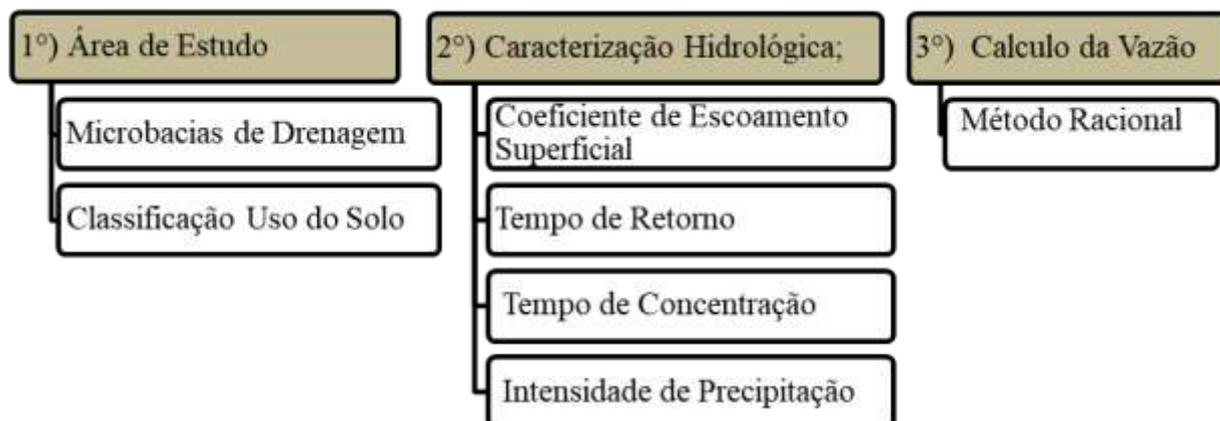


Figura 1: Fluxograma das Etapas do Trabalho

Fonte: Autores (2016)

Na primeira etapa do trabalho, realizou-se a identificação da área de estudo, logo após, subdividiu a área em microbacias de drenagem, classificando-as de acordo com o levantamento do uso e ocupação do solo. A segunda etapa, consistiu-se na caracterização hidrológica, com o propósito de determinar o coeficiente de escoamento superficial, o tempo de concentração e a intensidade da precipitação em função do período de retorno. Estes dados serviram de base para a terceira e última etapa, na qual procurou-se obter a vazão máxima dos setores básico e profissional da cidade universitária, utilizando o método racional. Posteriormente, cada etapa será detalhada nos itens a seguir.

## ÁREA DE ESTUDO

Compreende a Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, área destinada ao funcionamento do principal campus da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Belém-PA. Situa-se a margem direita do rio Guamá, sendo marcada pela natureza amazônica e predomínio de área de várzea. Abrange em seu território os rios Tucunduba e Sapucajuba, os quais servem como limites da divisão administrativa da instituição em setores, na Figura 2, utilizados neste trabalho, de acordo com o Plano Diretor da UFPA (2011).

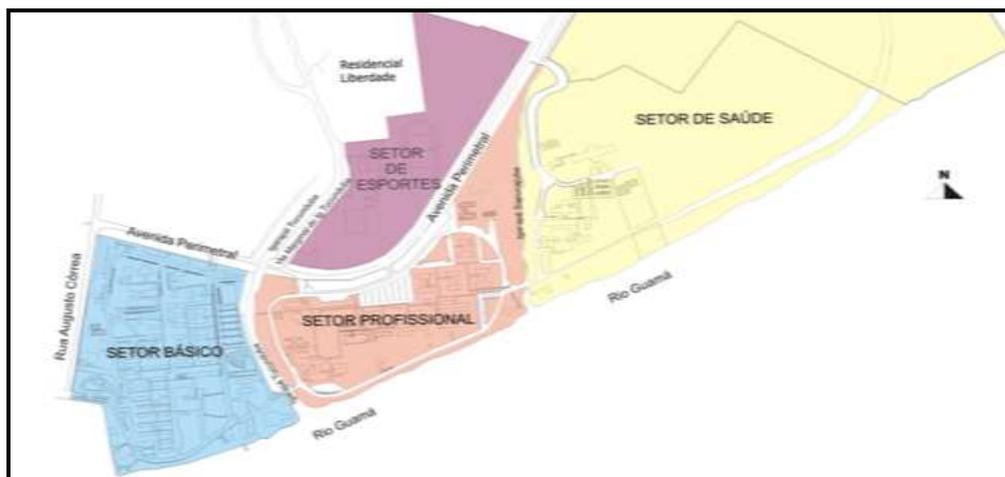


Figura 2: Mapa da divisão territorial da Cidade Universitária  
Fonte: Plano Diretor da UFPA (2011)

De acordo com o plano diretor, o parcelamento urbanístico é dividido em quatro setores: Básico, Profissional, Esportes e Saúde, adjacente ao Parque de Ciência e Tecnologia (PCT). Porém, por questões de acessibilidade e viabilidade técnica trabalhou-se apenas com os setores Básico e Profissional. Para o desenvolvimento obtidos junto a Prefeitura da universidade, os mapas contendo a topografia do terreno e o uso do solo.

### **Microbacias de drenagem**

Com o mapa topográfico da área foi possível subdividir e delimitar a área de estudo em microbacias de drenagem, que são as áreas de contribuição para a aplicação do método racional. Analisando a topografia com as curvas de nível e a declividade, identificou-se o caminhamento da água para o destino final. Notou-se que uma parte da água precipitada é drenada diretamente para o rio Guamá e a outra para os igarapés Tucunduba e Sapucajuba, que desaguando no rio.

### **Classificação do uso do solo**

Posteriormente, tendo como base a planta da cidade universitária do uso e ocupação do solo, foram quantificadas e classificadas as áreas de acordo com as diferentes superfícies, utilizando as ferramentas do software do AutoCAD. Em seguida, foi realizada a verificação in loco para identificar se a planta disponibilizada pela prefeitura está atualizada.

## **CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA**

Consiste no recolhimento de dados e informações que possibilitem o cálculo da vazão máxima, através do Método Racional, é o primeiro passo para dimensionamento hidráulico.

### Coeficiente de escoamento superficial “C”

Por definição coeficiente de escoamento superficial que também é chamado de runoff (deflúvio) é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (Tucci, RBRH, 200). No entanto, a literatura apresenta tabelas com os valores definidos, de acordo com as características de uso do solo. Neste estudo foi utilizada a média aritmética dos intervalos de ASCE, apresentada na Tabela 1, para ponderar os valores de C para cada superfície de uso do solo da área de estudo.

Tabela 1: Valores de Coeficientes C

Superfície	Intervalo		
	Mínimo	Máximo	Media
<b>Pavimento</b>			
Asfalto	0,70	0,95	<b>0,83</b>
Concreto	0,80	0,95	<b>0,88</b>
Calçadas	0,75	0,85	<b>0,8</b>
Telhado	0,75	0,95	<b>0,85</b>
<b>Cobertura: gama solo arenoso</b>			
Plano 0 -2 %	0,05	0,10	<b>0,08</b>
Media 2 - 7%	0,10	0,15	<b>0,13</b>
Inclinado > 7%	0,15	0,20	<b>0,18</b>

Fonte: ASCE, 1969 citado por Tucci, 1993 (adaptada pelos autores, 2016.).

Como há variação do tipo de superfície do solo, é necessário calcular um coeficiente médio ponderado ( $C_p$ ) para a área total de drenagem, de acordo com a Equação 1:

$$C_p = \frac{C_1 . A_1 + C_2 . A_2 + C_3 . A_3 + \dots + C_i . A_i}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i} \quad (1)$$

Sendo que os  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$  são os coeficientes de escoamento superficial para as áreas e as  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_i$  são as áreas de coeficientes  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$ , respectivamente.

Este coeficiente pode ser corrigido em função do período de retorno, aplicando-se o fator de correção ( $C_f$ ), de acordo com a Tabela 2. Seu uso é de fundamental importância para prever maior segurança ao projeto, adequando seu dimensionamento a magnitude da chuva.

Tabela 2: Fator de correção do Coeficiente de escoamento superficial

Tempo de Retorno (anos)	2 A 10	25	50	100
<b>Coeficiente</b>	1,00	1,10	1,20	1,25

Fonte: Wright-MacLaughlin, citado por Tucci, 1993.

### Tempo de Retorno

O tempo de retorno, também chamado de tempo de recorrência (TR), é o período médio (em anos) que um evento demora a ser igualado ou superado em uma dada magnitude. Diretamente proporcional a segurança do sistema, esse tempo é determinado pela relação custo x benefício do projeto. Na macrodrenagem utiliza-se tempo de retorno de 2, 5 e 10 anos

em projetos de condutos que recebem e conduzem as águas das chuvas, como: sarjetas, bocas de lobo e galerias pequenas. E na macrodrenagem o tempo de retorno é de 25, 50 e 100 anos, que atende a dimensionamento de galerias de grande porte, canais e proteção contra cheia.

### **Tempo de Concentração**

Segundo Villela e Mattos (1975) apud Menezes e Costa (2012) “tempo de concentração é definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua na seção em estudo”. Ou seja, é o tempo em que água precipitada que cai no local mais desfavorável topograficamente na bacia leva para contribuir no exutório. Na literatura tem vários métodos para calcular o tempo de concentração, neste optou-se por utilizar o Método de Dooge, onde o  $t_c$  é dado pela Equação 2.

$$t_c = 21,88 \frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \quad (2)$$

Em que  $t_c$  é o tempo de concentração, em minutos,  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$  e  $S$  é a declividade média da bacia, em  $\text{m/km}$ . De acordo com Porto (2004) esta formulação foi proposta em 1956 por Dooge, com base nos dados de dez bacias da Irlanda, com áreas na faixa de 140 a 930  $\text{km}^2$ , seus parâmetros refletem o comportamento de bacias médias.

### **Intensidade de Precipitação**

É a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação expressa em  $\text{mm/h}$ . Para o cálculo indica-se a utilização das equações de chuvas intensas, que são elaboradas com séries históricas longas de dados observados de precipitação e consideram informações locais. Neste, utiliza-se a equação de chuvas intensas do município de Belém, desenvolvida por Souza (1985) apresentada na Equação 3.

$$I = 2300 \frac{Tr^{0,20}}{(t_c + 20)^{0,91}} \quad (3)$$

Em que  $I$  é a Intensidade da chuva em  $\text{mm/h}$ ,  $Tr$  é o tempo de retorno em anos e  $t_c$  é o tempo de concentração em minutos, considerado igual ao tempo de duração da precipitação.

## **CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA**

O conceito de vazão máxima é associado a algum risco a ser igualado ou superado. Parâmetro muito utilizado para projetos hidráulicos de drenagem. Neste utilizou-se o método racional pois é o mais simples, prático e utilizado para se estimar a vazão máxima dos setores básico e profissional da cidade universitária.

### **Método Racional**

Para Jabur e Rizzi (2011) consideram o melhor e mais simples modelo para estimativas de picos de vazão e dimensionamento de obras de drenagem. O método é indireto e transforma a precipitação em escoamento superficial em função das características da própria bacia e da quantidade de chuva. Para Tucci (2000) o método é usualmente utilizado para determinação de vazão máximas em projetos de condutos pluviais em bacias pequenas. Considerado para ele em Tucci et al. (1993) bacias com o limite de área de até 2,0 km<sup>2</sup>.

É importante observar que o método Racional transforma um processo complexo, com muitas variáveis envolvidas, em algo bastante simples, resumindo toda a complexidade apenas coeficiente de escoamento “C”. Os princípios básicos deste método são as hipóteses de que: A distribuição da precipitação é uniforme; A intensidade da chuva é constante; A precipitação é efetiva, ou seja, despreza o armazenamento da bacia por infiltração, portanto, todas as perdas estão incorporadas ao “C” estimado com base nas características físicas da bacia. Deste modo, a vazão máxima é determinada pelo método racional apresentado na Equação 4:

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6} \quad (4)$$

Em que o Q é a vazão de pico obtida em m<sup>3</sup>/s, C o coeficiente de escoamento superficial adimensional que varia entre 0 a 1, o A é a área de contribuição em Km<sup>2</sup>, o I é intensidade da precipitação em mm/h e o 3,6 é um fator de conversão de unidades

Destaca-se que os dados de vazão máximas são importantes para análises hidrológicas e dimensionamento de sistemas de drenagem, que escoam as águas pluviais. Logo, com a intensa urbanização, impermeabilização do solo e retiradas de áreas verdes, tem-se a redução da infiltração. Conseqüentemente, o aumento do escoamento superficial, sendo necessário mais estruturas de drenagem para evitar problemas urbanos de enchentes e alagamentos.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Seguindo o parcelamento urbanístico da cidade universitária a área dos setores Básico e Profissional, respectivamente, são de 0,300 e 0,309 km<sup>2</sup>, no total 0,61 km<sup>2</sup> de área de estudo, estando dentro do limite estabelecido para o uso do método racional ( $\leq 2\text{km}^2$ ). Posteriormente, dividiu-se em microbacias de drenagem, conforme a Figura 3, sobre a planta topográfica.

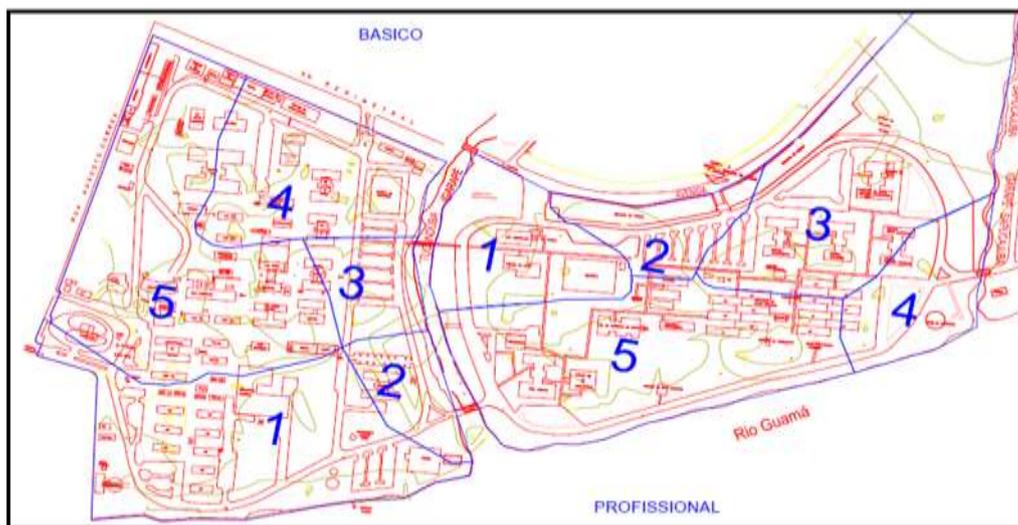


Figura 3: Microbacias de drenagem da cidade universitária

Fonte: Prefeitura da UFPA (adaptada pelos autores, 2016.).

A delimitação das microbacias baseou-se nas curvas de nível, que variaram de 3,5 a 5 m. Dessa forma, no total foram 10 microbacias de drenagem ou de contribuição, 5 para cada setor. Após, determinou-se as áreas e o provável encaminhamento da água precipitada de cada uma, indicado na Tabela 03, sendo que 5 escoam para o igarapé Tucunduba, 1 para o Sapucajuba e o restante direto para o rio Guamá, onde deságuam os igarapés.

Tabela 3: Área de Drenagem das Microbacias (m<sup>2</sup>) e encaminhamento

	Básico		Profissional	
1°	94.500	Guamá	40.950	Tucunduba
2°	18.900	Guamá	21.850	Tucunduba
3°	19.900	Tucunduba	116.500	Sapucajuba
4°	56.200	Tucunduba	32.200	Guamá
5°	110.800	Tucunduba	98.200	Guamá

Fonte: Autores (2016).

Após, calculou-se a declividade dentro das microbacias a parti das variações das curvas de nível dividida pela distância entre elas. Como a área não apresenta grades variações, foi obtido resultado de declividade média (S) de 0,003 m/m, para ambas as áreas.

A classificação física de uso e ocupação do solo, realizada diretamente sobre a planta, apresentada na Figura 4, é para o levantamento nas condições ambientais, através do percentual de áreas por superfícies, encontradas nos setores em estudo da cidade universitária.

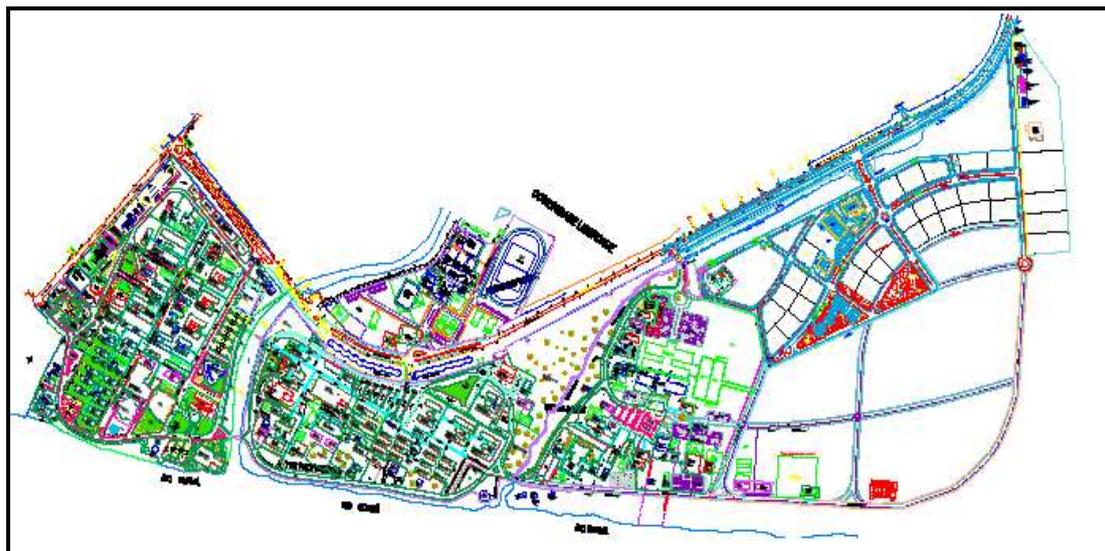


Figura 4: Classificação de uso e ocupação do solo da cidade universitária

Fonte: Prefeitura da UFPA (2015).

Verificou-se que o parcelamento urbanístico da área apresenta maior quantidade de áreas permeáveis composta por Vegetação, Grama e Areia (58,83%). As outras são consideradas impermeáveis, as quais são: Construídas (18,84%); Vias asfaltadas (15,12%); Calçada, Meio fio e Passarelas (3,91%); e Estacionamentos (3,3%). Demonstrando que o processo em formação de urbanização ainda está equilibrado, com relação à permeabilidade do solo, influenciando no escoamento superficial. Vale ressaltar que existe uma diferença no solo entre os setores, como demonstrado na Figura 5, com variação das áreas por superfícies.

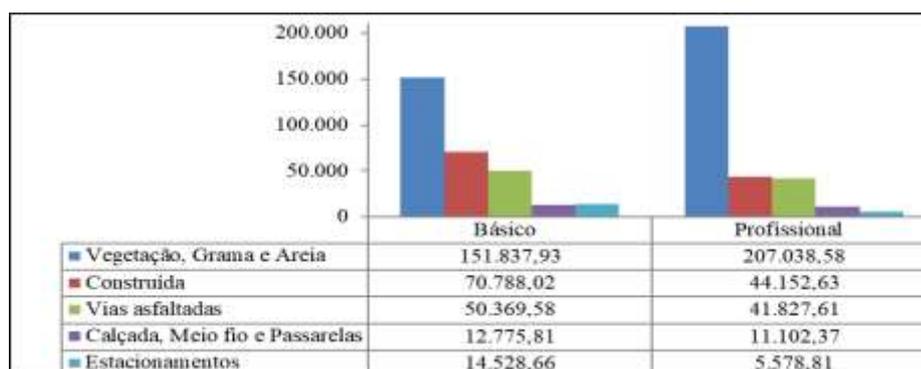


Figura 5: Classificação do uso do solo dos setores básico e profissional (m<sup>2</sup>)

Fonte: Autores (2016).

A quantidade de áreas verdes no profissional (66,85%) é maior que no básico (50,56%). A redução das áreas permeáveis no setor básico, é principalmente devido ao início da construção da cidade universitária pelo setor, na década de 60, sem preocupação com as áreas verdes, que foram retiradas para ocupação do solo. De acordo com Barbosa e Rocha (2015), a intensificação do uso do solo na Cidade Universitária se deu como resultado do crescimento

da demanda de serviços educacionais na década de 1970, esses fatos determinaram a expansão das instalações prediais e de pessoal a fim de suprir tal necessidade.

Logo, o setor básico apresenta cerca de 50% de áreas impermeáveis, resultante dos solos pavimentados, o que influencia na redução do volume de água infiltrada e no aumento do escoamento superficial, portanto, pode acarretar no aumento do número de pontos de alagamento no setor. Quanto ao setor profissional, apresenta 33% de áreas impermeáveis, ou seja, tem melhores condições ambientais para que a água da chuva seja absorvida pelo solo. Segundo Barbosa e Rocha (2015), a taxa de ocupação é de 30% para o setor básico e 21% para o Setor Profissional. Comprovando a relação dos resultados.

Segundo Menezes et al. (2014) o principal motivo pelo qual o deflúvio em uma bacia hidrográfica está intimamente ligado ao uso e ocupação do solo é relacionado ao coeficiente de escoamento superficial. Neste sentido, para ponderar o coeficiente de escoamento superficial para os setores utilizou-se a ponderação das áreas referentes às diferentes classificações do uso do solo. A Tabela 4 apresenta-se os valores dos coeficientes de acordo com a superfície, seguidos de suas respectivas áreas equivalentes por setores, juntamente com os resultados dos coeficientes médios ponderados.

Tabela 4: Coeficiente de escoamento superficial ponderado para os setores

Classe	"C"	Básico		Profissional	
		Área (m <sup>2</sup> )	A*C	Área (m <sup>2</sup> )	A*C
Construída	0,85	70.788,02	60.169,82	44.152,63	37.529,74
Vias	0,83	50.369,58	41.806,75	41.827,61	34.716,92
Estacionamentos	0,88	14.528,66	12.785,22	5.578,81	4.909,35
Calçada, Meio fio e Passarelas	0,8	12.775,81	10.220,65	11.102,37	8.881,90
Vegetação, Grama e Areia	0,08	151.837,93	12.147,03	207.038,58	16.563,09
Somatória		300.300,00	137.129,47	309.700,00	102.600,99
<b>Coeficiente ponderado</b>			<b>0,46</b>		<b>0,33</b>

Após, classificou-se os coeficientes de acordo com Miguez et al. (2015), que são os mesmos intervalos adotados pela prefeitura de São Paulo. Ambos os resultados do básico e profissional se mantiveram na faixa de 0,25 a 0,50, classificaram-se como edificações com muita superfície livre, bom para o escoamento e auxiliando na infiltração.

Mas os coeficientes foram corrigidos em função do tempo de retorno. Os resultados obtidos estão na Tabela 5, para os tempos de retorno mais utilizados em obras hidráulicas de sistemas de drenagem de 2 a 10, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 5: Coeficiente função do tempo de retorno

TR (anos)	2 A 10	25,00	50,00	100,00
<b>Coeficiente</b>	<b>1,00</b>	<b>1,10</b>	<b>1,20</b>	<b>1,25</b>

<b>Básico</b>	<b>0,46</b>	0,46	0,50	0,55	0,57
<b>Profissional</b>	<b>0,33</b>	0,33	0,36	0,40	0,41

No básico, os coeficientes para projetos de microdrenagem (2 a 10 anos), obtiveram resultados na faixa de 0,25 a 0,50 classificaram-se como edificações com muita superfície livre. Entretanto, os coeficientes para projetos de macrodrenagem (25 a 100 anos), ficaram na faixa de 0,50 a 0,60, classificando-se como edificações com poucas superfícies livres. No profissional, todos os coeficientes se mantiveram na faixa de 0,25 a 0,50, classificaram-se como edificações com muita superfície livre.

Portanto, para obter o tempo necessário para escoar toda água precipitada nos setores, aplicou-se o método de Dooge, resultando em tempo de concentração de 35,87 e 36,33 minutos para os setores básico e profissional, respectivamente. Podemos observar que como a declividade é a mesma, a área foi a responsável pela pequena diferença no resultado. Porém, a topografia com pouca declividade se fez sentir sobre o escoamento através do resultado do elevado tempo de concentração (tc).

Deste modo, considerado o tempo de concentração da chuva dos setores (tc) igual ao tempo de duração (Td). Pois se considera o tempo de duração da chuva menor que o tempo de concentração dos setores, ocorrerá uma vazão de pico menor que a máxima, porque não há participação de toda a área no escoamento. Já se for adotado o tempo de duração maior que o tempo de concentração da bacia, também não se obterá vazão de pico máxima, porque a duração da chuva será consideravelmente alta, reduzindo sua intensidade. Assim, a partir da equação de chuvas de intensas de Belém estimou-se as intensidades para os setores básicos e profissional, em função dos tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos (Tabela 6).

Tabela 6: Intensidade da chuva em função do tempo de Retorno (mm/h)

	Tempo de Retorno					
	2	5	10	25	50	100
<b>Básico</b>	67,92	81,58	93,71	112,56	129,30	148,52
<b>Profissional</b>	67,42	80,98	93,02	111,73	128,34	147,43

Os resultados das intensidades apresentaram uma pequena diferença entre os setores. No entanto, demonstram que quanto maior o valor do tempo de retorno utilizado no projeto, maior será a intensidade, consequente sobre o escoamento superficial.

Com todos os dados levantados, foi possível estimar o comportamento da vazão de máximas, apresentadas na Figura 6, para os setores básico e profissional da cidade universitária, as quais foram calculadas pelo método racional, considerando a área de

contribuição, o coeficiente de escoamento superficial e a intensidades de cada setor, ambos em função dos tempos de retorno usualmente utilizados em projetos de drenagem.

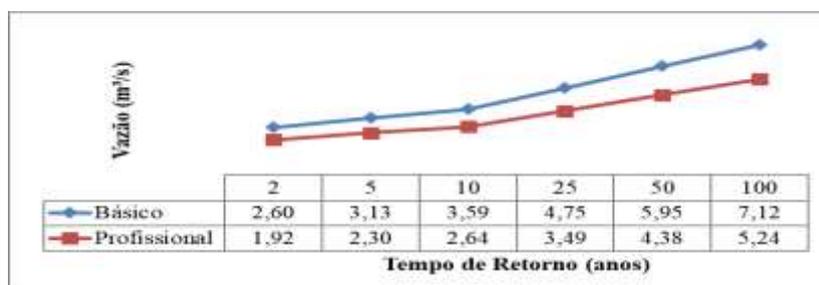


Figura 6: Vazões máximas ( $m^3/s$ )

Fonte: Autores (2016).

Os resultados obtidos apresentam os valores de vazões máximas para microdrenagem de 2,60 a 3,59  $m^3/s$  no setor básico e de 1,92 a 2,64  $m^3/s$  no profissional e para os sistemas de macrodrenagem os resultados são de 4,75 a 7,12  $m^3/s$  no básico e 3,49 a 5,24 no Profissional. Os valores adotados dependem do projeto e do nível do sistema de drenagem. Como observado, o método traz resultados aceitáveis para os setores em análise, com diferença percentual de 25,73 %, em virtude das áreas permeáveis, as quais aumentam a infiltração de água no solo e o aumento de áreas urbanizadas, que elevam o escoamento superficial, causam a elevação da vazão de máxima (pico), produzido pelas chuvas de alta intensidade.

A estimativa das vazões máximas é fundamental para utilização em dimensionamento ou avaliações de projetos de drenagem, como: reservatório de detenção, galerias, canais e outros para o controle e solução de enchentes. Que podem ser associadas a medidas preventivas que aumentam a infiltração no solo e tem melhores resultados na diminuição do escoamento, diminuindo a possibilidade de alagamentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da cidade universitária, ao longo dos anos tem ocasionando impactos ambientais, como redução de áreas verdes, impermeabilização, compactação do solo, redução da infiltração, alagamento e outros. Logo, as vazões máximas podem ser utilizadas para o dimensionamento de estruturas de drenagem, para melhorar o escoamento

Com base nisso, a topografia da área possibilitou a divisão em dez microbacias de drenagem para determinar o destino das águas precipitadas e a declividade média de cada microbacia. A classificação do uso do solo demonstrou mais áreas verdes para o setor Profissional (66,85%), ou seja, maior grau de permeabilidade do solo em relação ao setor Básico (50,56%), dessa forma, maior o coeficiente de escoamento superficial.

Neste trabalho, optou-se por determinar a vazão para diferentes períodos de retorno, contemplando sistemas de macrodrenagem e de microdrenagem. Assim, feito o estudo de ambos os setores, o tempo de concentração encontrado é considerado elevado, principalmente por causa da baixa declividade da Cidade Universitária, com diferença de 1 minuto entre os setores. Conseqüentemente, a intensidade apresentou uma diferença percentual entre os setores, muito pequena, menor que 1%.

O Método racional foi escolhido por ser de uso comum no dimensionamento de obras de drenagem por causa da simplicidade de aplicação para estimativas de vazão máxima. Aplicando o método, os valores estimados das vazões variam com 25,73 % de diferença percentual entre os setores, sobretudo devido às formas de uso do solo. Logo, o sistema de drenagem do setor básico precisa de maior capacidade hidráulica de escoamento, em relação ao profissional.

Os resultados obtidos podem ser utilizados na gestão e medidas de controle de enchentes e inundações para os setores básico e profissional da cidade universitária. Porém, no dimensionamento e planejamento de obras de drenagem é necessário ainda a análise do tempo de retorno mais adequado, tendo em vista que influencia diretamente nos resultados. Também se devem considerar os custos e os possíveis riscos a comunidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA JE, ROCHA GM. **O Uso do Solo na Cidade Universitária José da Silveira Netto: Contribuições para o Ordenamento de Espaços Institucionais em Belém (PA)**. Revista Geoamazônia 2015;3:174–91. doi:10.17551/2358-1778/geoamazonia.v3n5p174-191.
- BIANCHI CR, RIZZI NE, GUIMARAES RZ, SCHECHI RG. **Estimativa da Vazão Máxima da Bacia Hidrográfica do Rio Canguiri através do Método de Ven Te Chowt**. RA'E GA - O Espaço Geografia em Análise (2012), p. 164-185
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 2.ed. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 1998.
- MENEZES FILHO, FCM. COSTA, A R. **Verificação do dimensionamento das galerias de águas Pluviais em uma sub-bacia do córrego botafogo na cidade de Goiânia-go**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil n° 4, 2012.
- MENEZES JPC, FRANCO CS, OLIVEIRA LFC, BITTENCOURT RP, FARIAS MS, FIA R. **Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n° 4:659–72, 2014.
- GENOVEZ, A. M.; Vazões Máximas. In: Paiva, J. B. D.; Paiva, E. M. C. D. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacia Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2003

JABUR AS, RIZZI NE. **Estimativas da vazão máxima e capacidade de saturação hídrica da bacia hidrográfica do alto do rio ligeiro Em Pato Branco, PR.** Revista Floresta 2011, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 833 - 846, out./dez. 2011.

MIGUEZ, GM. VELOL, AP. REZENDE, OM. **Drenagem Urbana. Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade.** Livro da Editora Elsevier. 1.ed. 2015.

NUNES FG, FIORI APIO. **a Utilização Do Método De Ven Te Chow – Soil Conservation Service ( Scs ) Na Estimativa Da Vazão Máxima Da Bacia Hidrográfica Do Rio Atuba.** Revista Eletrônica Geografar Curitiba, v.2, n.2, p.139-155, jul./dez. 2007

PORTO, R.; ZAHED, K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M., org. Hidrologia- Ciência e Aplicação. Porto Alegre: ABRH, 2004.

SOARES, S. R. A. Planejamento de Sistemas de Saneamento em Centros Urbanos: Fundamentos para a Formulação de um Modelo Conceitual. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM-051A/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 148p. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Livro da Editora UFRGS. PoAr, RS, 1993.

TUCCI, C. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos volume 5, p.s 61 a 68. Porto Alegre: ABRH, 2000.

TUCCI, C. E. M; MELLER, A. **Regulação das águas pluviais urbanas.** REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 4, n. 1, jan.-jun. 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Jornal da Universidade Federal do Pará. Nº 130. Disponível em: <<http://www.jornalbeiradorio.ufpa.br/novo/index.php/2008/24-edicao-59/271-urbanizacao-da-cidade-universitaria>> . Acesso em: 27abr. 2016.

\_\_\_\_\_. Memorial do Instrumento Normativo do Plano Diretor da Cidade Universitária – 2010