



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

**DÉBORA RODRIGUES SOARES**

**ESTIMATIVA DO GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DAS**  
**BACIAS URBANAS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2018**

**DÉBORA RODRIGUES SOARES**

**ESTIMATIVA DO GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DAS BACIAS URBANAS DA  
CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal  
de Campina Grande – UFCG, para  
encerramento do componente  
curricular e conclusão da graduação  
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ricardo de  
Aragão

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2018**

**DÉBORA RODRIGUES SOARES**

**ESTIMATIVA DO GRAU DE IMPERMEABILIZAÇÃO DAS BACIAS URBANAS DA  
CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado à  
Universidade Federal de  
Campina Grande – UFCG,  
para encerramento do  
componente curricular e  
conclusão da graduação em  
Engenharia Civil.

Aprovada em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Professor Dr. Ricardo de Aragão  
(Orientador)**

---

**Professora Dra. Iana Alexandra Alves Rufino  
(1ª examinadora)**

---

**Professora Dra. Rochele Sheila Vasconcelos  
(2º examinador)**

## **AGREDECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força e coragem para continuar nessa jornada. Agradeço também ao meu professor orientador, Ricardo de Aragão, que não mediu esforços para me proporcionar os melhores dados e conselhos para o excelente desenvolvimento deste trabalho.

Sou grata também aos meus pais, que sempre me proporcionaram amor e carinho e se mostraram presentes nos momentos de maior dificuldade, assim como meu namorado, que me acompanhou neste difícil trajeto, se fez presente e compreendeu todos os meus anseios e preocupações, me apoiando em cada decisão.

A todos, meu sincero agradecimento.

## RESUMO

A população mundial vem sofrendo um aumento substancial nas últimas décadas e uma das consequências é o aumento na taxa de impermeabilização do solo, que pode, por consequência, trazer problemas graves como enchentes e inundações. Para evitar esses acontecimentos é necessário ter um sistema de drenagem de águas pluviais eficiente, o que pode ser conseguido conhecendo o provável volume/vazão devido a um evento de precipitação de grande intensidade. Neste sentido, um dos requisitos é a determinação do grau de impermeabilização da bacia em questão. Dentre as técnicas disponíveis estão as geotecnologias e estas foram empregadas para a determinação do grau de impermeabilização das bacias urbanas de Campina Grande (Paraíba), onde frequentes inundações tem sido registradas nos últimos anos devido ao crescimento populacional. Os resultados mostraram que para as áreas centrais o grau de impermeabilização já atinge valores próximos dos 80% e na bacias periféricas este índice tende a aumentar, uma vez que é para estas bacias que os novos conjuntos residências estão sendo implantados.

**Palavras-chave:** Impermeabilização de solo; Densidade Habitacional; Drenagem Urbana

## **ABSTRACT**

The world population has been experiencing a substantial increase in the last decades and one of the consequences is the increase in the rate of waterproofing of the soil, which can consequently bring serious problems such as floods and floods. To avoid these events it is necessary to have an efficient rainwater drainage system, which can be achieved by knowing the probable volume / flow rate due to a high intensity precipitation event. In this sense, one of the requirements is the determination of the degree of waterproofing of the basin in question. Among the techniques available are geotechnologies and these were used to determine the degree of waterproofing of the urban basins of Campina Grande (Paraíba), where frequent floods have been recorded in recent years due to population growth. The results showed that for the central areas the degree of waterproofing already reaches values close to 80% and in the peripheral basins this index tends to increase, since it is for these basins that the new residences are being implanted.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultados da evolução da bacia urbana Tsurumi. ....	16
Figura 2 - Localização de Campina Grande no Estado da Paraíba .....	22
Figura 3 - Localização de Campina Grande na bacia do rio Paraíba .....	22
Figura 4 - Distribuição dos bairros de Campina Grande .....	23
Figura 5 - Divisão dos bairros e das bacias da cidade de Campina Grande .....	25
Figura 6 - Imagem da bacia D4 para exemplificação .....	27
Figura 7 - Coeficiente de escoamento em função da área impermeável .....	32
Figura 8 - Valores de C por tipo de ocupação (adaptado:ASCE, 1969 e Wilken, 1978) .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Variação do balanço hídrico com a urbanização num clima temperado, em % da precipitação total .....	16
Tabela 2- Bacias e bairros envolvidos pela bacia .....	25
Tabela 3- Classes empregadas na classificação das imagens.....	27
Tabela 4- Tabela referente a bacia D3.....	29
Tabela 5 - Resultado de cada área das classificações.....	30
Tabela 6- Valores de C e AI de cada bacia.....	30
Tabela 7 - Densidade habitacional de 18 bairros de Campina Grande.....	32
Tabela 8- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D5.....	40
Tabela 9- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D7.....	41
Tabela 10- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D8.....	42
Tabela 11- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D4.....	43
Tabela 12- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D2.....	44
Tabela 13- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C8.....	45
Tabela 14- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C7.....	46
Tabela 15- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C6.....	47
Tabela 16- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C5.....	48
Tabela 17- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C4.....	49
Tabela 18- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C2.....	50
Tabela 19- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia B10.....	51



Tabela 20- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia B5.....	52
Tabela 21- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D6.....	53

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVOS.....	13
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
3.1.	INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM CENTROS URBANOS .....	14
3.2.	IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E BACIAS URBANAS .....	15
3.3.	ESCOAMENTO, COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C) E MÉTODO RACIONAL.....	17
3.4.	SIG, GEOTECNOLOGIAS E SENSORIAMENTO REMOTO .....	18
3.5.	CONSEQUENCIA DO CONHECIMENTO DAS CARACTERISTICAS DAS BACIAS .....	19
3.6.	MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS PARA MITIGAR PROBLEMAS HIDROLOGICOS DAS CIDADES .....	20
4.	ÁREA DE ESTUDO .....	22
4.1.	CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB.....	22
5.	MATERIAIS E METODOS.....	25
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
7.	CONCLUSÕES .....	37
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	38
9.	ANEXOS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

É inegável que, com o passar dos séculos, a população mundial sofreu um aumento exponencial, e no Brasil não foi diferente. Conforme o IBGE (2018), o país já tem aproximadamente 208.494.900 habitantes e para o ano de 2060, o Brasil terá 228.286.374 habitantes. Esse aumento populacional acarreta, diretamente, no aumento da urbanização, que pode trazer consigo graves consequências, como por exemplo, problemas relacionados a drenagem urbana, quando existente, ou à falta dela. Esta se mostra inadequada devido à falta de planejamento, além do constante aumento do grau de impermeabilização do solo, que possibilita a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações.

Estes problemas são encontrados em diversas partes do Brasil, e em particular no Estado Paraíba, no nordeste brasileiro, onde, de acordo com o levantamento feito pelo IBGE (2011), em 2012 a Paraíba tinha 3.766.528 habitantes, sendo, desse modo, detentora de aproximadamente 1,97% da população brasileira. Desses, 385.213 habitantes eram do município de Campina Grande, a segunda maior cidade deste Estado, também considerado polo educacional de serviços e industrial, onde vivem com 10% da população do estado. A mesma tem mais de 95% da sua população estabelecida na região urbana, onde foram registrados, nos últimos anos, vários pontos de inundação, causando transtorno à população, além de graves prejuízos econômicos.

Essa taxa de urbanização teve seu crescimento distribuído ao longo dos anos. De acordo com o IDEME (Instituto de Desenvolvimento Estadual e Municipal da Paraíba), a região de Campina Grande teve um crescimento do grau de urbanização de 68,55% para 72,24% entre os anos 2000 e 2010, entretanto, esses valores se referem a taxa de urbanização, e não ao grau de impermeabilização. Em relação ao grau de impermeabilização, os valores existentes são estimativas estatísticas que podem ser correlacionados diretamente com o grau de urbanização, assim, é possível perceber que o grau de impermeabilização do solo aumentou ao longo dos anos, mas não se sabe exatamente o quanto, até os dias atuais.

Em relação ao aumento da impermeabilização, essa está ligada ao maior escoamento superficial, o que pode vir a ser um problema de grande dimensão, relacionado a inundações e enxurradas, como o caso ocorrido na chuva do dia 09 de fevereiro de 2018, em Campina Grande. Para que haja diminuição desses impactos no meio e se evitem prejuízos à população, é obrigatória a realização de projetos de drenagem e conscientização ambiental.

Assim, diante da necessidade da construção de um sistema drenante eficiente, surge a necessidade do conhecimento do grau de impermeabilização da bacia. Segundo Maus (2007), a aplicação do modelo hidrológico relacionado a drenagem urbana tem a necessidade de conhecimento da área impermeável e das modificações das condições de escoamento superficial provocadas pela ocupação do solo urbano.

Para se obter um resultado mais condizente com a verdadeira situação referente ao grau de impermeabilização do solo de Campina Grande, existem diversas técnicas, dentre elas o uso das geotecnologias, representadas via imagens de satélites de alta resolução e emprego conjunto de sistemas de informações geográficas. Estas técnicas tem sido utilizadas a considerável tempo (Rufino et al., 2015; Aragão et al, 2017), produzindo bons resultados que podem ser utilizados para o correto planejamento da drenagem urbana.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Determinação do grau de impermeabilização do solo das bacias urbanas na cidade de Campina Grande via geotecnologia.

### **2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Obter a taxa de impermeabilidade para posterior utilização em cálculos de volume escoado em chuvas naturais ou de projeto.
- Analisar a impermeabilização do solo em relação ao desenvolvimento habitacional de um bairro da bacia;
- Aplicar o grau de impermeabilização encontrado em outro bairro de desenvolvimento habitacional idêntico;

### 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### 3.1. INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM CENTROS URBANOS

De acordo com Tominaga (2009) inundações e enchentes são eventos naturais que tem ocorrência periódica e são deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Sua magnitude e frequência estão relacionadas com a intensidade e distribuição da precipitação, do grau de saturação do solo, da taxa de infiltração da água, entre outros fatores. Quanto às áreas urbanas, o processo de inundações e enchentes se intensificaram devido às ações humanas, que causam o assoreamento dos cursos de água, além da impermeabilização do solo.

De acordo com o Min. Cidades/IPT (2007), a inundação é representada pelo transbordo de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. As enchentes se definem pela elevação do nível d'água no canal de drenagem causado pelo aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, mas sem extravasar, e os alagamentos são resultados do acúmulo momentâneo de água em determinados locais devido a deficiência dos canais de drenagem.

Segundo o banco de dados Emergency Database – EM-DAT (OFDA/CRED, 2009), que trata de uma junção de dados e informações sobre a ocorrência de desastres obtidos de diversas fontes. O Brasil se mostra como um dos países mais afetados por inundações e enchentes, sendo as inundações responsáveis por 60% dos desastres naturais ocorridos no país (MARCELINO, 2007). Já o relatório anual de estatísticas de desastres da OFDA/CRED, em 2008, apontou que, no Brasil, 1,8 milhões de pessoas foram afetadas por enchentes, inundações e movimentos de massa, acarretando um prejuízo de US\$ 1 bilhão.

Em relação aos condicionantes antrópicos que podem causar a ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos, estão: o uso e ocupação irregular das margens dos cursos d'água; alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água; a disposição irregular de lixo nos canais fluviais; o intenso processo de erosão e assoreamento dos cursos d'água (Tominaga, 2009).

Segundo Canholli (2014), a urbanização e o uso inadequado do solo auxiliaram na redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios, e que por sua vez irão ocupar outros locais. Tentando resolver esse problema, os engenheiros responsáveis pela drenagem aumentaram as velocidades de escoamento por meio de obras de canalização, transferindo, assim, para jusante os problemas de redução de espaços naturais, gerando inundações em áreas

onde as mesmas não existiam, ou seja, diante da maior necessidade de drenagem, surgem mais obras de galerias e canalizações, sobrecarregando rios e córregos, que não detêm uma quantidade extra de vazão, ou afetando a população que se encontram nas áreas de deságua (Sheaffer e Wright, 1982).

Segundo Tominaga (2009), as regiões metropolitanas das grandes cidades tem o problema de perdas de vida e de bens materiais causados pela inundação, também fortemente ligados a ocupação das margens dos cursos d'água por pessoas de baixa renda. Essa ocupação deveria ser orientada pelo disposto na lei brasileira do Código Florestal (arts. 2º, 3 e 14), Lei Federal nº 12.727 (Brasil, 2012) do Parcelamento do Solo Urbano, entretanto, nem sempre essa orientação ocorre.

Esses problemas ainda podem ser acentuados pela disposição de resíduos sólidos nos cursos d'água devido à falta de conscientização da população, à impermeabilização dos solos pelo asfalto, impedindo, assim, a infiltração e aumentando a velocidade de escoamento superficial, e até à retirada das curvas existentes em alguns cursos d'água, que poderiam reduzir a velocidade da água, sem as mesmas, acontece a concentração do fluxo em pouco tempo, causando as inundações relâmpago.

### 3.2. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E BACIAS URBANAS

Motta Jr e Tucci (1984) e Campana e Tucci (1994) relacionam os índices de impermeabilização com a densidade habitacional. Essa relação ocorre devido ao fato de que o aumento da densidade populacional (urbanização), gera um aumento no número de locais impermeáveis, através de construções, e uma consequente alteração do ciclo hidrológico, fato comumente encontrado em bacias urbanas.

O ciclo hidrológico envolve a precipitação, a evaporação, a interceptação, a infiltração e o escoamento superficial (Tucci, 2001) e tem, em todo o sistema, um funcionamento circular e autônomo em ambiente natural. Com o desmatamento para construção de casas e prédios, se altera a interceptação da água, que passa a disponibilizar um maior volume para o escoamento superficial e, conseqüentemente, uma diminuição no volume de escoamento subterrâneo. Essa diferença no volume de escoamento gera um aumento no volume de cheias para uma determinada chuva.

Uma exemplificação desse fato se encontra na Figura 1, onde se percebe o aumento da vazão, em metros cúbicos por segundo, de acordo com o desenvolvimento da bacia urbana, e, apesar dos resultados apresentarem a evolução de uma bacia no Japão, o mesmo fenômeno é demonstrado em qualquer bacia hidrográfica em qualquer região do globo. Com o aumento do desenvolvimento urbano, irão ocorrer aumentos na vazão de cheia.

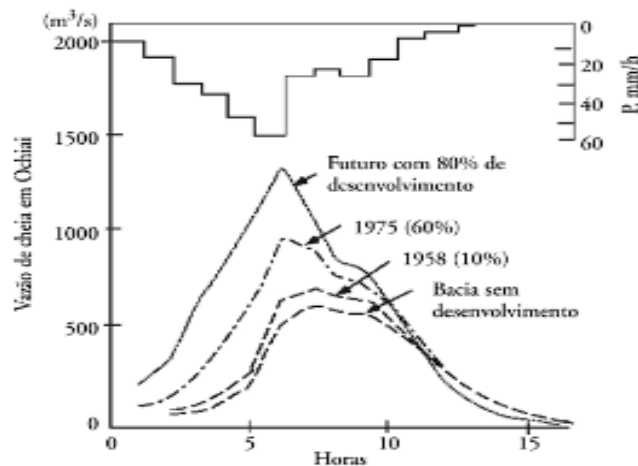


Figura 1 - resultados da evolução da bacia urbana Tsurumi.

Também é possível aferir, por meio da Figura 1, a futura diminuição do tempo de concentração. Esse tempo de concentração se trata do tempo necessário para que a água precipitada na bacia passe a contribuir na seção esperada. Com o aumento da impermeabilização, aumenta-se o coeficiente de escoamento e, por consequência, eleva-se a vazão e a velocidade da água escoada, diminuindo, assim, o tempo de concentração.

Ainda deve ser considerada a redução da evapotranspiração. Esse fenômeno é causado pela mudança da cobertura vegetal, “já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo” (Tucci, 1997). Isso faz com que haja uma maior quantidade de água escoada.

Abaixo segue uma amostra dos elementos alterados em uma bacia de acordo com sua urbanização, para um clima temperado:

Tabela 1-Variação do balanço hídrico com a urbanização num clima temperado, em % da precipitação total

Elementos dos Balanço	Pré-urbano %	Urbano %
Evapotranspiração	40	25
Escoamento superficial	10	43
Escoamento subterrâneo	50	32
total do escoamento	60	75

De acordo com Rufino, Santos e Tsuyuguchi (2015), “... bacias com alto grau de impermeabilização, com alta declividade, com sistemas de drenagem muito velozes tendem a



produzir vazões relativamente elevadas”. Desse modo, é fácil perceber que as características da bacia urbana, alteradas pela ação humana, geram uma preocupação em relação a sua drenagem adequada, pois essas alterações podem causar respostas hidrológicas prejudiciais.

### 3.3. ESCOAMENTO, COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C) E MÉTODO RACIONAL

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico a qual escoar sobre superfície do terreno, concentrando-se rapidamente nos talwegues e rios, dando, assim, origem às cheias da bacia hidrográfica (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015). Dependendo da proporção dessa parcela, pode-se definir, por exemplo, se haverá a possibilidade de ocorrência de cheia dos rios devido a uma determinada chuva, ou não. Diante disso, a definição da porcentagem do escoamento se torna relevante para o estudo das cheias, possibilitando a determinação da vazão escoada para uma determinada chuva, e tendo aplicações em estudos e projetos de drenagem.

O método racional é um dos métodos utilizados no estudo das cheias, servindo para a definição da lâmina d'água gerada pelas chuvas. Esse método consiste na multiplicação da precipitação pelo coeficiente de escoamento, ou coeficiente de *runoff*, (C) e pela área de drenagem. E, como esse coeficiente de escoamento é amplamente utilizado para estudos científicos, sua documentação é rica, o que possibilita a fácil escolha de valores paramétricos para diversas localidades e utilizações.

O sistema para a síntese do método racional é relativamente simples, dado pela Equação  $Q = C.i.A$ , onde a vazão 'Q' é dada em metros cúbicos por segundo, a intensidade 'i' é dado em milímetros por hora e a área 'A' é dada em km<sup>2</sup>. O coeficiente C será adimensional, e representará o efeito dado pela cobertura vegetal da bacia, assim como seu tipo, uso e condições de solo. Assim, será possível avaliar a parcela de água que escoar superficialmente.

De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2015), o método racional, então, considera a chuva efetiva como um percentual da chuva total definido por um parâmetro denominado coeficiente de escoamento superficial. Essa metodologia é bastante difundida e prática, de modo geral, embora seja bem simplificado e só possa ser aplicado para pequenas bacias, como é o caso do presente trabalho.

### 3.4. SIG, GEOTECNOLOGIAS E SENSORIAMENTO REMOTO

Todas as regiões do globo se encontram em constante mudança. O desmatamento, a evolução dos centros urbanos, alteração das bacias hidrográficas são exemplo dessas mudanças e alvos de constante observação. Entretanto, as regiões nas quais ocorrem esses fatores se tratam de áreas amplas, e caso não haja um modo abrangente de adquirir as informações necessárias, a catalogação e pesquisa adequada das formas de desenvolvimento será dificultada. É nesse momento que se utiliza um recurso de maior extensão, as geotecnologias.

A geotecnologias se tratam de um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilidade de informações geográficas. É um termo genérico para determinar todas as etapas que envolvem uso e análise espacial de dados geográficos e seu compartilhamento.

Já o SIG (Sistema de Informação Geográfica), está dentro do contexto das geotecnologias, se tratando de um conjunto de sistemas de processamento capazes de produzir, analisar e representar informações sobre o espaço geográfico. Os SIG são considerados uma classe especial de sistemas de informação que controlam não apenas os eventos, atividades e coisas, mas também onde esses eventos, atividades e coisas acontecem ou existem (LONGLEY et al., 2013).

Os usuário de SIG's costumam constantemente usar a classificação supervisionada<sup>1</sup> de imagens de satélite para processamento digital de imagens. O processamento digital se trata do uso de algoritmos computacionais para realizar o processamento de imagens, e quanto a classificação, essa geralmente é dada pela utilização de amostras que definem os padrões da imagem utilizado pelo algoritmo de classificação. Esse padrão espectral presente nos dados de sensores remotos para cada pixel pode ser como a base numérica para classificação de várias características espaciais (RUFINO, SANTOS e TSUYUGUCHI, 2015).

No presente caso, houve um maior interesse na ferramenta de classificação Dzetsaka Classification Tool, que é um plugin semi-automatico de classificação (SCP) de imagens, desenvolvido por Nicolas Karasiak. Sendo de uso fácil e rápido, essa ferramenta é baseada no

- 
- <sup>1</sup> Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. A classificação supervisionada ocorre com a supervisão do usuário.

classificador de Modelo de Mistura Gaussiano, dedicado, a princípio, na classificação de florestas de mapas antigos.

Em relação a esse sensoriamento remoto, o mesmo se trata da tecnologia que permite obter imagens – e outros tipos de dados – da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2011). Essa energia é definida de acordo com seu comprimento de onda do espectro eletromagnético, sendo registrada por meio de sensores. Esses comprimentos de onda serão “lidos” em cores específicas posteriormente. Quanto melhor a resolução espacial do sensor, maior a qualidade da imagem adquirida.

Finalmente, os SIG's, a geotecnologia e o sensoriamento remoto estão intimamente relacionados com o propósito de garantir informações suficientes para que as áreas possam ser estudadas e, assim, seja possível uma deliberação adequada acerca da complicação encontrada nas áreas pesquisadas.

### 3.5. CONSEQUENCIA DO CONHECIMENTO DAS CARACTERISTICAS DAS BACIAS

As condições antrópicas, apesar de representarem um fator de grande influência para o agravamento dos problemas de inundações, enchentes e alagamentos, não são os únicos a se considerar. Além deles, deve se observar os condicionantes naturais, onde se destacam: as formas de relevo; a característica da rede de drenagem da bacia hidrográfica; a intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características dos solos e teor de umidade; presença ou ausência de cobertura vegetal (TOMINAGA, 2009).

Esse condicionantes naturais envolvem, basicamente, as características da bacia, e o conhecimento destas proporciona consciência em relação as consequências das chuvas. Como exemplos: saber a área de drenagem da bacia pode proporcionar uma ideia da quantidade da vazão escoada, a ordem da bacia indicará a velocidade que a água deixa a bacia, o tempo de concentração indicará em quanto tempo a bacia irá contribuir em uma determinada seção, a interceptação indicará a quantidade de água precipitada que será impedida de chegar ao solo, o que impedirá o maior escoamento, assim como acontece com a evaporação e, finalmente, a precipitação, definida em frontais, de intensidade baixa ou moderada, orográficas, apresentando

pequena intensidade e longa duração, e convectivas, de curta duração e alta intensidade definirão o tipo de chuva que irá precipitar.

O estudo desses fatores naturais possibilitam a compreensão do escoamento das águas fluviais na determinada bacia, de acordo com seu regime de chuvas. Dessa forma, existe a possibilidade de conhecer os locais que tem predisposição a inundações bruscas e destrutivas ou inundações mais graduais que podem ser contornadas, isso frequentemente se é definido diante do conhecimento das características da bacia.

### 3.6. MEDIDAS NÃO CONVENCIONAIS PARA MITIGAR PROBLEMAS HIDROLOGICOS DAS CIDADES

De acordo com Canholli (2014) “em grande parte das bacias afetadas por inundação, percebe-se que a ocupação urbana local ocorreu no sentido de jusante para montante do rio ou córrego. A medida que a bacia se desenvolvia, os picos de vazão afluentes às canalizações a jusante cresceram, e a solução para compatibilizar as capacidades se torna mais difícil ou inviável, muitas vezes pela própria presença da urbanização...”. Considerando isso, é necessária a proteção e implantação de vegetação para que haja mais permeabilidade do solo.

Entretanto, muitas vezes, devido a urbanização, a vegetação já foi retirada e, em seu lugar, foi posta uma camada impermeável, e, para esse caso, ainda de acordo com Canholli (2014), existem algumas medidas chamadas de não convencionais. Essas medidas são soluções que diferem do conceito tradicional de canalização. Entretanto, podem estar associadas a ela, para adequação ou otimização do sistema de drenagem. Essas medidas podem ser entendidas como estruturas, obras, dispositivos ou conceitos diferenciados de projeto.

As diretrizes gerais do projeto de drenagem urbana são divididas entre conceitos de canalização e conceitos de reservação, (Walesh, 1989). Enquanto o conceito de canalização se refere à remoção rápida dos escoamentos, o conceito de reservação trata da contenção temporária para posterior liberação.

Os componentes principais da canalização são os canais abertos e galerias que podem ser instalados em áreas novas. Entretanto a ampliação de sua capacidade em centros urbanos pode se tornar inviável. Em relação aos impactos a jusante, os picos de enchentes são aumentados em relação à condição anterior, o que significa maiores obras no sistema a jusante,

e, além disso, ainda existe o transporte da carga poluente afluyente para o corpo receptor. Sua manutenção é pouco frequente, o que pode acarretar no assoreamento do sistema ou na junção de lixo, e as galerias são de complicado acesso para a manutenção.

E, em relação ao conceito de reservação, o mesmo se trata de reservatórios à superfície livre, reservatórios subterrâneos e retenção superficial, que podem ser construídos em áreas pré-existentes. Existe, nesse caso, o impacto à jusante, onde suas áreas nem sempre podem ser dimensionadas para impacto zero. E, considerando sua manutenção, deve-se haver uma limpeza periódica e fiscalização, o que nem sempre ocorre em cidades brasileiras. Além desses fatores, a reservação pode acarretar problemas com insetos.

Para definir quais obras de drenagem serão utilizadas em uma determinada área, é necessário um estudo comparativo de alternativas, considerando encargos econômicos, ambientais, político-institucional e operacional, buscando suprimir os danos e maximizando os danos intangíveis que serão alcançados pela alternativa em questão (CANHOLLI, 2014).

## 4. ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB

O município brasileiro de Campina Grande encontra-se no Estado da Paraíba, distando de 120km da capital João Pessoa. De acordo com estimativas do IBGE (2018) sua população é de 407 472 habitantes, sendo, assim, considerada a segunda cidade mais populosa da Paraíba, com densidade populacional de 648,31 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). A cidade de Campina Grande possui ao todo 49 bairros, sua distribuição é feita de acordo com a Figura 4. A região ainda é envolvida pelo baixo e médio do rio Paraíba. Conforme mostra a figura 3.

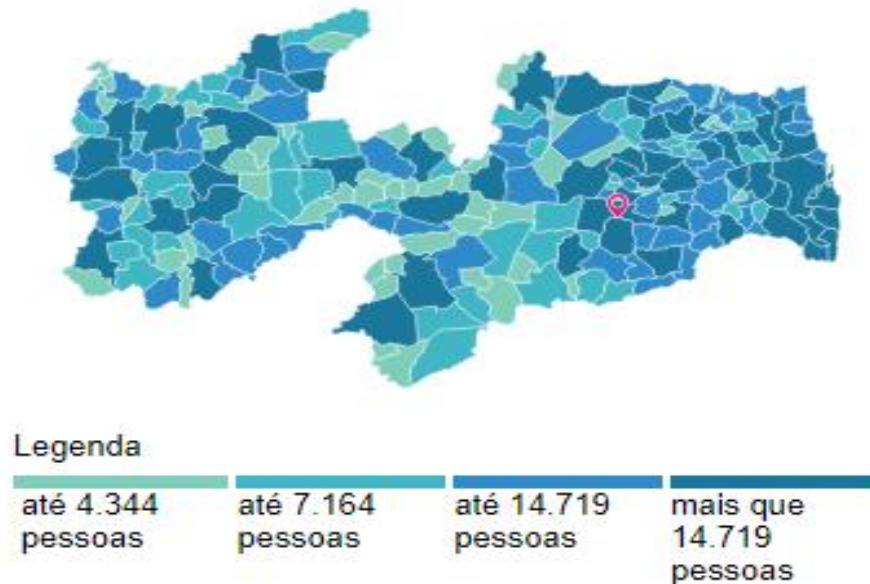


Figura 2 -Localização de Campina Grande no Estado da Paraíba

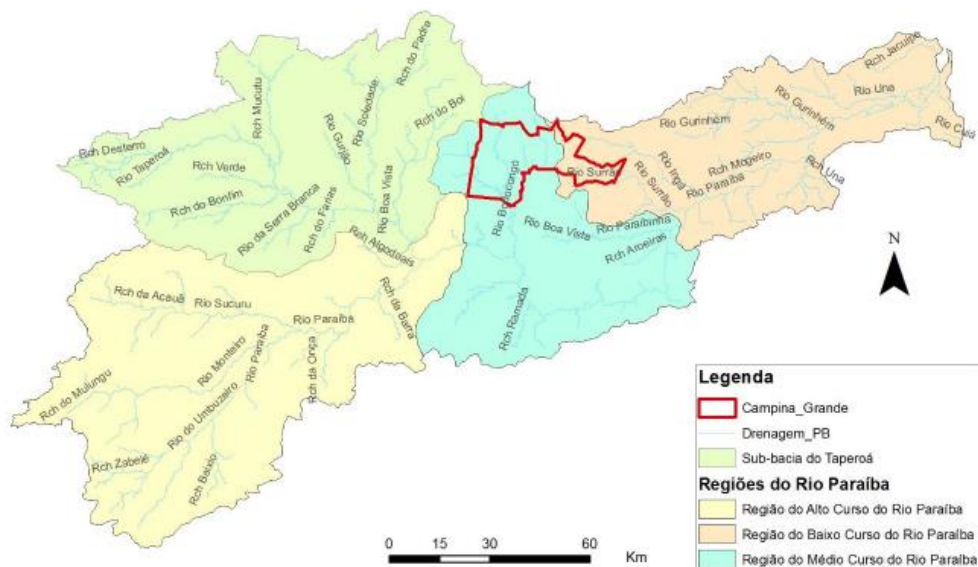


Figura 3-Localização de Campina Grande na bacia do rio Paraíba

Campina Grande é considerada um dos principais polos industriais da Região Nordeste, além de ser considerada, em 2010, principal polo tecnológico da América (NEWSWEEK, 2010). A cidade também possui, de acordo com um estudo apresentado pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) em 2016, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,72, o melhor IDHM de todo o Semiárido brasileiro.



Figura 4-Distribuição dos bairros de Campina Grande

Em relação a hidrografia, Campina não possui rios de grande proporção, entretanto possui dois açudes urbanos: o Açude Velho e o Açude de Bodocongó, sendo o mais importante dos dois o Açude Velho, com área de mais de 2500 m<sup>2</sup>.

Sobre seu clima, o município está incluído na área geográfica de abrangência do clima semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005 (MIN, 2005). Porém, por situar-se entre a Zona da Mata e o Sertão e a uma altitude de mais de 500 metros

acima do nível do mar, Campina Grande possui clima com temperaturas moderadas, considerado tropical com estação seca, com chuvas concentradas nas estações de outono e inverno compreendidas entre os meses de março e agosto, segundo site [climate-data.org](http://climate-data.org).

Quanto a sua temperatura, no verão estas são mais altas, com máximas de 31 °C e mínima 21 °C, e no inverno, as máximas giram em torno de 28 °C e as mínimas de 19 °C. Contudo, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a menor temperatura registrada na cidade foi de 13,2 °C e a maior foi de 34,6 °C. Já em relação à precipitação, sua pluviosidade média anual é de 765 mm, existindo uma diferença em torno de 100 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso, segundo dados do [climate-data.org](http://climate-data.org).

A cidade de Campina Grande possui, ainda, 18 pontos vulneráveis a alagamentos, encontrados em pontos mais baixos da cidade, causados pelo crescimento desordenado da cidade. Em chuvas de altas precipitações regiões como Cruzeiro e no Centro, na rua João Florentino de Carvalho, próximo ao Açude Velho.



## 5. MATERIAIS E METODOS

O método de pesquisa utilizado envolveu o programa QGis e arquivos relativos aos bairros e bacias urbanas gerados por Tsuyuguchi (2015), cuja localização geográfica e principais características estão em Tabelas no Anexo I. Também foram usadas imagens de satélite do google Earth (Google, 2018), para se ter conhecimento de quais bairros uma ou mais bacias poderiam englobar, conforme visto na Figura 5. Além desses arquivos, ainda foram usadas imagens de satélites, de alta resolução de Campina Grande para o ano de 2010, cedidas pela Secretaria de Planejamento de Campina Grande (SEPLAN).

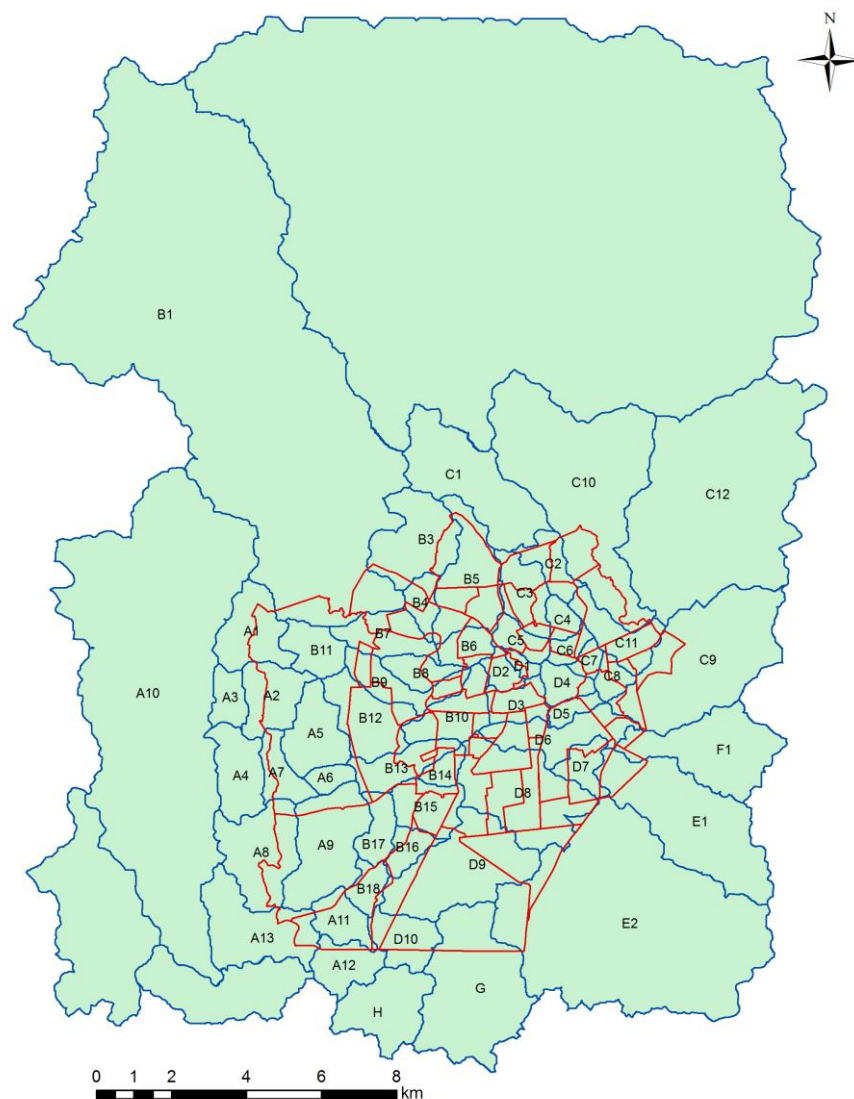


Figura 5- Divisão dos bairros (em vermelho), das bacias (em azul) da cidade de Campina Grande.

As imagens cedidas pela SEPLAN são de alta resolução da cidade de Campina Grande, de pixel 10x10 cm, juntamente com um mapa, no programa AutoCad, indicando a exata posição

de cada uma das imagens. Essas, por sua vez, foram posicionadas em seus devidos locais, formando um mosaico de imagens<sup>2</sup>, e recortados na forma das bacias urbanas de Campina Grande, e foi dada a nomeação com uma letra e um número para cada uma das 14 bacias formadas. A Tabela 2, representa todos os nomes das bacias e os bairros que cada bacia englobou:

Tabela 2- Bacias e bairros envolvidos pela bacia

<b>Bacia</b>	<b>Bairros envolvidos na bacia</b>
D8	Jardim Quarenta, Liberdade, Jardim paulistano, Cruzeiro, Tambor, Catolé, Itararé, Sandra Cavalcante, Santa Rosa
D7	Sandra Cavalcante, Catolé, Vila Cabral
D5	Católé, José Pinheiro
D4	Centro, José Pinheiro
D3	São José, Liberdade, Estação Velha, Centro, Centenário
D2	Prata, Bela Vista, Monte Santo, Centro
C8	José Pinheiro, Monte Castelo, Santo Antônio, Castelo Branco
C7	Centro, José Pinheiro, Santo Antônio, Jardim Tavares
C6	Lauritzen, Centro, Jardim Tavares, Alto Branco
C5	Centro, Monte Santo, Palmeira, Conceição, Jeremias
C4	Alto Branco, Lauritzen, Conceição
C2	Jardim Continental, Alto Branco, Nações
B10	Santa Rosa, Centenário, Quarenta, Bela Vista, Prata
B5	Jeremias, Araxá, Cuité, Jardim Continental, Palmeira, Monte Santo, Universitário
D6	Quarenta, Liberdade, Jardim Quarenta, Tambor, Estação Velha, Catolé, Mirante José Pinheiro

Após criar o mosaico das imagens relativas a cada bacia, foi efetuada a classificação supervisionada através da ferramenta DZetsaka (ver item 3.4). A classificação será dividida em três itens, sendo eles:

- Árvores e descampados;
- Ruas asfaltadas e pavimentadas;
- Casas, prédios e construções.

Para melhor representatividade do conteúdo da imagem durante a classificação, foram colhidas “amostras” em cinco regiões diferentes da imagem, representando as classes antes citadas. Essa distribuição foi feita porque algumas partes das imagens são mais claras, indicando que a imagem foi obtida pelo satélite de manhã, e outras foram tiradas a tarde,

<sup>2</sup> Segundo o site [sigmats.com.br](http://sigmats.com.br) “Mosaicos de imagens de satélite ou de fotografias aéreas são representações sinóticas e atualizadas de grandes extensões territoriais, tem por objetivo unir em uma única imagem dois ou mais extratos ou cenas de imagens.”

alterando as cores dos pixels para um mesmo item, tornando necessário que, para um mesmo item, se tenha mais de uma amostra representativa.

Tomando como base a Figura 6, que representa a bacia de contribuição para o açude velho, localizado no centro da cidade, que nesse trabalho recebeu o nome de D4 (Ver item 5, Tabela 2), percebe-se que a região do lado extremo esquerdo é mais escura que a região centro-esquerda do mapa e também diferente da região direita, indicando que, dentro da mesma imagem da bacia, existem 3 cores de pixel diferentes para casas, asfaltos e árvores devido ao horário em que as imagens foram obtidas.



Figura 6 - Imagem da bacia D4 para exemplificação

Para organização e melhor desenvolvimento do trabalho, a classificação foi feita com 15 amostras, sendo 6 amostras para árvores e descampados, 4 amostras para casas, prédios e construções e 5 amostras para ruas asfaltadas e pavimentadas. Essas amostras foram distribuídas em 5 regiões diferentes de cada uma das bacias urbanas, para que assim houvesse melhor aferição acerca da classificação. Em um dos casos foi acrescentada a décima sexta amostra.

Para regiões que continham grande quantidade de água, como na Figura 6, o item 14, onde seriam uma região de casas, prédios e construções, foi trocado para o item água, representando locais que possuem grande acúmulo de água. No final, a troca de itens ocorrerá sem maiores interferências para os valores de permeabilidade, pois ambos representam áreas impermeáveis.

Para obtenção das informações a partir das imagens, as mesmas foram classificadas considerando a seguinte ordem de classes de uso:

Tabela 3- Classes empregadas na classificação das imagens

<b>Nº da classe</b>	<b>Tipo de classe</b>	<b>Referente a Região</b>
1	Árvores e descampados	1
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas	1
3	Casas, prédios e construções	1
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas	2
5	Casas, prédios e construções	2
6	Árvores e descampados	2
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas	3
8	Árvores e descampados	3
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas	4
10	Árvores e descampados	4
11	Casas, prédios e construções	3
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas	5
13	Árvores e descampados	5
14	Casas, prédios e construções (água)	4
15	Árvores e descampados	5
16	Casas, prédios e construções	5

Após toda a classificação, ainda no programa QGIS, foram obtidas as áreas de cada uma das classes citadas acima, em quilômetros quadrados. Em seguida, foram somadas todas as áreas de uma mesma classe e sendo assim, obteve-se o valor da área permeável, e impermeável.

Depois foram calculados os coeficientes de escoamento da área permeável, obtido pela divisão da área permeável pela área total<sup>3</sup>, e o coeficiente de área impermeável, obtido pela divisão da área impermeável pela área total. Assim foi possível obter o grau de impermeabilização mais recente da cidade, dado pela Equação 1:

<sup>3</sup>Segundo Tucci, o coeficiente de escoamento é dado pela relação entre volume total de escoamento superficial e volume total precipitado. Assim, obtém-se:  $C = \frac{Q_{escoado}}{Q_{total}} = \frac{\text{Área impermeável} \times \text{precipitação}}{\text{Área total} \times \text{precipitação}} = \frac{\text{área impermeável}}{\text{área total}}$

$$C = \frac{C_p A_p + C_i A_i}{A_t} \quad (\text{Eq. 1})$$

No qual  $C_p$  é o coeficiente de escoamento da área permeável da bacia;  $A_p$  é a área permeável da bacia ( $\text{km}^2$ );  $C_i$  é o coeficiente de escoamento da área impermeável;  $A_i$  é a área impermeável da bacia ( $\text{km}^2$ ).

Após obtidos os valores de  $C$  pela Equação 1, foi feita a porcentagem de área impermeável (AI) para cada uma das bacias, dividindo a área impermeável pela área total em valor percentual. Em seguida os valores de  $C$  e AI obtidos em tabelas foram colocados em gráfico, e foi desenhada sua linha de tendência. A linha de tendência foi dada por uma Equação de primeiro grau, que irá proporcionar uma Equação 2 que associa o coeficiente de escoamento e a área impermeável, por meio do método:

$$\left. \begin{aligned} C_{bacia1} &= a + b * AI_{bacia1} \\ C_{bacia2} &= a + b * AI_{bacia2} \end{aligned} \right\} \text{encontrar elemento "a" e "b"} \quad (\text{Eq. 2})$$

Depois, utilizou-se a área de um dos bairros, e sua população para obter a densidade habitacional (DH) em  $\text{hab}/\text{km}^2$ . Sabendo que existe uma relação entre densidade habitacional e área impermeável, considera-se a Equação 3, e tendo em mãos a porcentagem de área impermeável AI de uma bacia envolvendo o bairro específico e o DH desse bairro, é possível encontrar um coeficiente  $X$  que defina esta relação, e colocá-lo na equação do coeficiente de escoamento  $C$  das bacias. Daí será encontrada a relação entre o coeficiente de escoamento e a densidade habitacional. Esta relação possibilita calcular o  $C$  para uma densidade habitacional futura dos bairros de Campina Grande, e assim proporcionar os coeficientes usados nos cálculos da vazão de chuvas na cidade pelo método racional  $Q=C.i.a.$

$$AI = X * DH \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde AI é o percentual de área impermeável (%) e DH a densidade habitacional ( $\text{hab}/\text{km}^2$ )

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento da classificação relativas as classes consideradas (Tabela 3) e relativas a bacia D3 está listado na Tabela 4. Da mesma forma foram efetuados os procedimentos para as outras bacias em estudo. No processamento de dados de algumas bacias foram detectados erros onde a classificação não pode levantar, com as amostras escolhidas, as áreas desejadas não sendo geradas conforme o esperado. Isto ocorreu para a bacia D3 e para as sub-classes 6 e 9.

Tabela 4- Tabela referente a bacia D3

<b>D3</b>						
RASTER MAP CATEGORY REPORT						
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 16:48:27 2018			
north: 7:13:00.197637S east: 35:52:20.621222W						
REGION south: 7:13:40.253155S west: 35:53:09.990396W						
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275						
Category Information						
#	Descrição				km <sup>2</sup>	ha
1	Árvores e descampados				1,095	109,509
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,007	0,651
3	Casas, prédios e construções				0,065	6,507
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,004	0,419
5	Casas, prédios e construções				0,092	9,176
6	Árvores e descampados				0,000	0,000
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,045	4,520
8	Árvores e descampados				0,061	6,142
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,000	0,000
10	Árvores e descampados				0,005	0,460
11	Casas, prédios e construções				0,003	0,307
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,073	7,295
13	Árvores e descampados				0,000	0,029
14	Casas, prédios e construções				0,071	7,058
15	Árvores e descampados				0,003	0,323
TOTAL					1,524	152,396
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)					0,149	14,911
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)					1,375	137,485
Cp =	0,098	Ci =	0,902	C =	0,823	

Em seguida foram somadas as áreas referentes a área impermeável, o mesmo foi feito para a área permeável. Os resultados são demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da classificação para as bacias em estudo

Bacia	Arvores e descampados	Ruas asfaltadas e pavimentadas	Casas, prédios e construções	Total permeável	Total impermeável
D5	0,292	0,123	0,286	0,292	0,408
D7	0,814	0,299	0,158	0,814	0,458
D8	4,607	1,106	0,943	4,607	2,049
D4	0,547	0,024	0,534	0,547	0,558
D2	0,340	0,310	0,144	0,340	0,454
C8	0,255	0,317	0,273	0,255	0,590
C7	0,240	0,199	0,141	0,240	0,340
C6	0,348	0,152	0,200	0,348	0,353
C5	0,417	0,331	0,368	0,417	0,699
C4	0,335	0,217	0,229	0,335	0,447
C2	1,150	0,061	0,089	1,150	0,151
B10	0,643	0,213	0,172	0,643	0,385
B5	1,991	0,104	0,139	1,991	0,243
D6	2,364	0,712	0,054	2,364	0,766

Diante dos valores de áreas obtidos pode-se obter a taxa de impermeabilidade (C) para cada bacia, utilizando os procedimentos especificados no item 5, juntamente com os valores das porcentagens de área impermeável (AI).

Os resultados gerados estão na tabela abaixo:

Tabela 6- Valores de C e AI de cada bacia.

Bacia	Área da bacia (km <sup>2</sup> )	AI (%)	C
D8	6,656	30,78	0,51
D7	1,274	36,0	0,54
D5	0,701	58,33	0,51
D4	1,105	50,49	0,50
D2	0,790	57,21	0,51
C8	0,847	69,81	0,58
C7	0,580	58,63	0,56
C6	0,702	50,34	0,50
C5	1,118	62,59	0,53
C4	0,783	57,12	0,51
C2	1,523	11,58	0,79
B10	2,519	37,41	0,53
B5	4,414	10,89	0,80
D6	3,131	24,48	0,63

É de extrema importância ressaltar que houveram valores de coeficientes de escoamento que não condizem com os coeficientes de escoamento reais. Um exemplo disso é a bacia C2, que envolve os bairros Jardim Continental, Alto Branco e Nações, regiões afastadas do centro e ainda com diversas áreas permeáveis. De acordo com Tabela 6, seu coeficiente de escoamento foi alto, de 0,79, o que não condiz com o escoamento desses bairros. O mesmo caso se pode verificar em relação a bacia D4, que envolve os bairros de Centro e José Pinheiro, que obtiveram um coeficiente de 0,5, também de acordo com a Tabela 6, entretanto esses bairros possuem muitas construções e ruas pavimentadas ou asfaltadas, o que deveria aumentar o coeficiente de escoamento.

Os valores de C e AI de cada uma das bacias da tabela acima foram posicionados no gráfico referente a Figura 7. Entretanto, a sequência esperada é que, para áreas de baixa porcentagem de área impermeável, encontram-se baixos valores de C, e não foi o que aconteceu com as bacias, C2, B5 e D6. Isso pode se dever ao fato que para o arquivo classificado no QGis, algumas áreas não puderam ser aferidas corretamente, pois, devido a sombras ou posições diferentes do sol, alguns pixels tiveram suas colorações alteradas, sendo considerados de classes diferentes de sua classe correta. Gerando, assim, um valor errado de permeabilidade.

Para melhor aferição do gráfico, os valores que não foram condizentes com a realidade foram excluídos. Finalmente, os valores corretos foram postos em gráfico, e foi encontrada sua linha de tendência, conforme foi demonstrado na Figura 7.

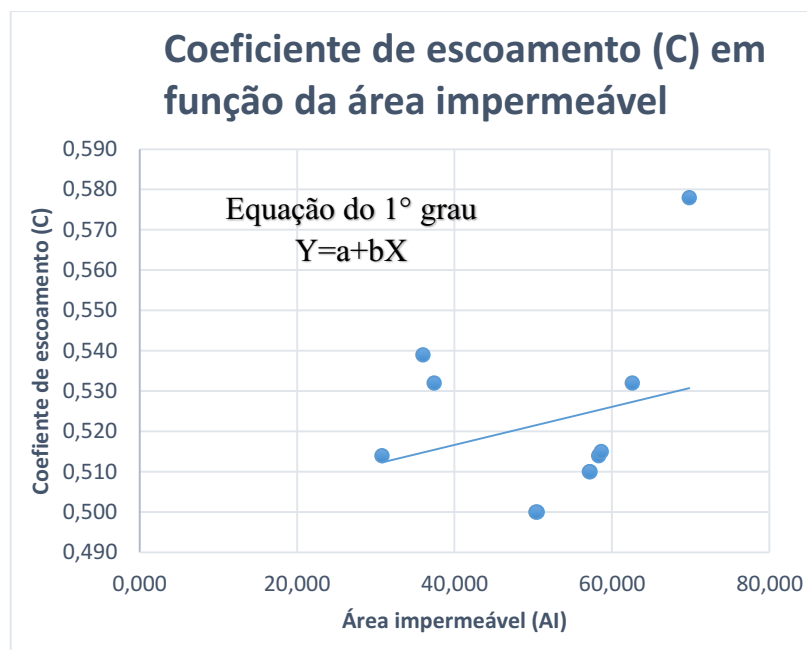


Figura 7- Coeficiente de escoamento em função da área impermeável

Diante dos locais onde passa a linha de tendência, encontraram-se os valores:



- $C=0,517$  para  $AI=40$
- $C=0,562$  para  $AI=60$

Utilizando a Equação 2 do item de metodologias foi encontrado o valor de “a” e “b”:

$$\begin{cases} 0,517 = a + 40b \\ 0,526 = a + 60b \end{cases} \rightarrow a = 0,5; b = 0,00045$$

Desse modo, a Equação do Coeficiente de escoamento em função da porcentagem de área impermeável será dada por:

$$C = 0,5 + 0,00045 * AI \quad (\text{Eq. 4})$$

Fora encontradas as áreas dos bairros por meio do software QGis, e suas populações, em habitantes por bairro, obtido por meio do IBGE, e os resultados obtidos foram dados na tabela abaixo:

Tabela 7 - Densidade habitacional de 18 bairros de Campina Grande

	<b>há</b>	<b>hab por bairro</b>	<b>DH em hab/há</b>
<b>Liberdade</b>	153,762	11821	76,88
<b>Jardim paulistano</b>	118,732	1090	9,18
<b>Tambor</b>	131,628	3879	29,47
<b>Catolé</b>	<b>295,946</b>	<b>12683</b>	<b>42,86</b>
<b>Itararé</b>	93,820	1708	18,21
<b>Sandra Cavalcante</b>	134,024	5157	38,48
<b>Vila Cabral</b>	100,869	1254	12,43
<b>José Pinheiro</b>	124,954	10936	87,52
<b>Centro</b>	203,802	6016	29,52
<b>Prata</b>	78,940	3573	45,26
<b>Bela Vista</b>	72,736	3630	49,91
<b>Monte Santo</b>	84,441	880	10,42
<b>Monte Castelo</b>	90,047	485	5,39
<b>Jardim Tavares</b>	233,677	993	4,25
<b>Palmeira</b>	84,476	939	11,12
<b>Centenário</b>	82,991	1895	22,83
<b>Quarenta</b>	55,259	4259	77,07
<b>Estação velha</b>	46,400	4145	89,33
<b>São José</b>	60,544	3950	65,24

Dos bairros listados foi utilizado os dados do bairro do Catolé, com 42,86 hab/ha, e relacionado às bacias D5, D7, D8, que são as bacias que envolvem o bairro. Sendo a porcentagem de área impermeável (AI) de cada bacia, e considerando  $AI = X * DH$ , temos:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Relacionado à bacia D5} \\
 AI = 58,329 \\
 DH = 42,86 \\
 X = 1,36 \\
 \text{Relacionado à bacia D7} \\
 AI = 35,996 \\
 DH = 42,86 \\
 X = 0,84 \\
 \text{Relacionado a bacia D8} \\
 AI = 30,78 \\
 DH = 42,86 \\
 X = 0,718
 \end{array} \right\} X_{\text{médio}} = \frac{1,36+0,84+0,718}{3} = 0,973 \quad (\text{Eq. 5})$$

Desse modo, a relação entre AI e DH foi dada pela Equação 6:

$$AI = 0,973 \cdot DH \quad (\text{Eq. 6})$$

Vale constar que o coeficiente X, que associa os valores de área impermeável e densidade habitacional, apenas poderá ser usado para bairros semelhantes ao bairro utilizado para encontrar o coeficiente. Isso se deve ao fato que, para bairros idênticos, haverá valores equivalentes de densidade habitacional e impermeabilidade entre eles. Como o valor médio de X acima calculado foi utilizando o bairro Catolé, apenas poderão ser usados bairros idênticos, com o mesmo tipo de crescimento.

E, finalmente, relacionando a Equação 3 com a Equação 5 teremos os valores de C dados por meio da seguinte Equação:

$$C = 0,5 - 0,00044 \cdot DH \quad (\text{Eq. 7})$$

Tendo em mãos a Equação 6, será possível calcular o coeficiente de escoamento de um bairro que tenha a tendência de desenvolvimento habitacional igual ao do bairro Catolé. E com o coeficiente de escoamento, a área da bacia em km<sup>2</sup> e a intensidade da precipitação em mm/h, será possível calcular a vazão máxima, em m<sup>3</sup>/s, pela Equação do método racional (item 3.3):

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (\text{Eq. 8})$$

A vazão encontrada pode ser aplicada, por exemplo, no dimensionamento de redes de drenagem urbana, além de dar conhecimento acerca da velocidade de escoamento nas regiões de alta declividade, onde serão aplicados os coeficientes de escoamento, podendo assim definir os locais onde existe risco de enxurradas.

Ainda é possível, de acordo com a vazão encontrada, indicar o volume de água para uma determinada chuva e área de alta densidade populacional, e, tendo conhecimento da capacidade

de captação dos canais de drenagem da cidade, é possível indicar se haverá riscos de inundações para essa chuva ou não. Desse modo será possível evitar grandes prejuízos à população que se encontram nas várzeas dos pontos de deságua.

Diante dos coeficientes encontrados ainda é possível fazer comparações com os coeficientes de escoamento encontrados anteriormente. Para o caso da bacia D4, encontrada na figura 5, envolvendo os bairros do centro e José Pinheiro, foi calculado, de acordo com a classificação feita, um coeficiente de escoamento de 0,5. Reconhecendo essa bacia como área comercial/edificação muito densa, seu coeficiente deveria variar, de acordo com a Figura 8, entre 0,7 e 0,95. Esse erro pode ser causado tanto pela nuvem, encontrada na imagem, como pela região do Açude, que pode ter sido confundido com a vegetação, uma vez que possui a cor mais esverdeada.

Na bacia D7, envolvendo os bairros de Sandra Cavalcante, Catolé e Vila Cabral, que pode ser considerado, de acordo com a Figura 8, uma área residencial envolvendo partes residenciais com ruas pavimentadas, com coeficiente entre 0,5 e 0,6. De acordo com a Tabela 6, o coeficiente de escoamento da bacia será de 0,54, estando dentro dos padrões assinalados.

Descrição da área	C
<i>Área Comercial/Edificação muito densa:</i>	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<i>Área Comercial/Edificação não muito densa:</i>	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<i>Área Residencial:</i>	
residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m <sup>2</sup>	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
<i>Área industrial:</i>	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
<i>Outros:</i>	
Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 - 0,20
parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Figura 8 - Valores de C por tipo de ocupação (adaptado:ASCE, 1969 e Wilken, 1978)

Usando como exemplo um bairro de densidade habitacional em torno de 50 hab/ha, e inserindo esse valor na Equação 7, obtém-se um Coeficiente de Escoamento (C) de 0,522. Considerando ser um bairro com descrições idênticas ao Catolé, com partes residenciais e ruas pavimentadas, seu coeficiente estaria dentro do intervalo estabelecido na Figura 8.

As inconsistências encontradas nesse trabalho podem ocorrer por erro pessoal na escolha das amostras coletadas, pela má aferição dos pixels, classificando como região permeável as que deveriam ser permeáveis e pelo fato deste trabalho lidar com uma composição de imagens. Quando se trata de uma composição, as imagens podem ter sido tratadas anteriormente. Essa alteração implica numa classificação menos eficaz, podendo tornar o processo impreciso.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos das equações 3 e 6, envolvendo o Coeficiente de escoamento e densidade habitacional, foram consideradas de boa representatividade para o presente trabalho em relação a densidade habitacional do Bairro Catolé, entretanto é necessária devida atenção em relação a bairros de comércio, como o centro, pois o valor do coeficiente encontrado não se coincidiu com os padrões para regiões de área comercial e edificação alta densidade.

Porém, é importante lembrar que existiram casos em que não ocorreu uma boa aferição do Software. Desse modo, os resultados dos tamanhos das áreas permeáveis ou impermeáveis poderão se apresentar diferentes da real situação da região, alterando, assim, o índice de permeabilidade, a área impermeável e até a área total da imagem em questão. Vale constar que, para trabalhos futuros, as imagens utilizadas sejam recentes e de boa qualidade para melhor definição dos fatores procurados.

Deve ser observado, também, que os valores estimados de impermeabilização do solo em relação a bairros idênticos ao aferido, foram condizentes com os valores utilizados para o coeficiente de escoamento, da Figura 8. Representando certo amparo em relação à certeza dos graus de impermeabilização encontrados para bairros residenciais com ruas pavimentadas.

Ainda foi possível identificar a utilidade de se obter o coeficiente de escoamento, relacionando-o com situações de enxurradas, enchentes e inundações recorrentes em cidades de alto grau de impermeabilização.

Por fim, pode-se concluir que o software QGis é de grande utilidade para as estimativas relacionadas a drenagem urbana e suas bacias. Entretanto é necessário cautela em relação a seus resultados, pois determinadas regiões podem ser aferidas incorretamente. E, ainda é possível avaliar que existe uma conexão equacional entre densidade habitacional e coeficiente de escoamento, ou grau de impermeabilização, e essa conexão pode ser utilizada em situações futuras, envolvendo o crescimento habitacional de um bairro, tanto na cidade de Campina Grande como em outras cidades que se utilizem da mesma metodologia que a deste trabalho.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANHOLI, A. P., Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2015.

IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO (2010). Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 9 de jul. 2018.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, Carlos E. M. & Genz, F. (1995). Controle do Impacto da Urbanização.

TOMINAGA, Lidia Keiko; Santoro, Jair; Amaral, Rosângela. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

CLIMA: CAMPINA GRANDE. Disponível em < <https://pt.climate-data.org/location/4449/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/53/49645?tipo=grafico>. Acesso em: 16 jun. 2018.

DENSIDADE URBANA E PERFIL DO ESTADO DA PARAÍBA. Disponível em <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_uf/25#demografia](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_uf/25#demografia)>. Acesso em: 16 jun. 2018.

POPULAÇÃO URBANA TOTAL E DE CAMPINA GRANDE. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>> Acesso em: 16 jun. 2018.

AUMENTO DO GRAU DE URBANIZAÇÃO. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/ideme-aponta-crescimento-de-grau-de-urbanizacao-da-paraiba/>> Acesso em: 20 jun. 2018.

CAMPINA GRANDE TEM O MELHOR IDHM DO SEMIÁRIDO, DIZ INSA. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2016/10/campina-grande-tem-melhor-idhm-do-semiarido-brasileiro-diz-insa.html>> Acesso em: 21 jun. 2018.

JUSTINO, Eliane Aparecida; PAULA, Heber Martins de; PAIVA, Ed Carlo Rosa. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. Vol. 13, jul/dez. 2011.

ARAGÃO, Ricardo de et al. Impacto do uso do solo pelo aumento da densidade populacional sobre o escoamento numa área urbana do Nordeste Brasileiro via geotecnologias e modelagem hidrológica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Aracaju, v. 10, n. 02, p.543-557, 21 abr. 2017.

FLORENZANO, Teresa Galliotti. *Iniciação em sensoriamento remoto. Ampliada e atualizada*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LONGLEY, Paul A. et al. *Sistemas e ciência da informação geográfica*. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2013.

TUCCI, Carlos E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. *Rbrh - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, 2000 v. 5, n. 1, p.61-68.

RUFINO, Iana Alexandra Alves. *Estimativa de taxas de impermeabilização do solo das bacias urbanas do município de Campina Grande - PB utilizando sensoriamento remoto*. João Pessoa: Inpe, 2015. 6 p.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. *Drenagem Urbana: Do projeto tradicional a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

TUCCI, Carlos E. M. Tucci. *Água no meio urbano*. In: ALDO DA CUNHA REBOLSAS (São Paulo) (Org.). *Águas doces no Brasil*. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 1997. Cap. 14. p. 399-432.

CONCEITOS SOBRE HIDROLOGIA BÁSICA E CARACTERÍSTICAS DAS BACIAS. Disponível em: [https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade_1.pdf). Acesso em: 7 dez. 2018.

CAMPINA GRANDE É CITADA COMO OASIS DE TECNOLOGIA POR REVISTA AMERICANA. Disponível em: <http://www.jornaldaparaiba.com.br/ciencia-e-tecnologia/campina-grande-e-citada-como-oasis-de-tecnologia-por-revista-americana.html> Acesso em: 9 de dez. 2018.

DEFINIÇÃO DE MOSAICO DE IMAGENS. Disponível em: [http://sigmats.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=157&Itemid=272](http://sigmats.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=157&Itemid=272) Acesso em: 9 de dez. 2018.

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO URBANA DE GOIÂNIA. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp084923.pdf>. Acesso em: 14 de dez. 2018.

MANUAIS: TUTORIAL DE GEOPROCESSAMENTO. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 20 de dez. 2018.

\_\_\_\_\_ Classificação de imagens. O que é classificação.

CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS NO QGIS: CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE IMAGENS NO QGIS. Disponível em: <https://geosaber.blogspot.com/2016/07/classificacao-de-imagens-no-qgis.html>. Acesso em: 20 de dez. 2018.



## 9. ANEXOS

Tabela 8- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D5

<b>D5</b>						
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>						
LOCATION: temp_location			Tue Nov 06 20:30:22			
2018						
north: 7:13:26.170744S east: 35:52:12.225364W						
REGION south: 9198374.99975945 west: 179655.00003533						
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275						
Category Information						
#	Descrição				km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados				0,17687	17,687
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,003508	0,3508
3	Casas, prédios e construções				0,026897	2,6897
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,005732	0,5732
5	Casas, prédios e construções				0,085939	8,5939
6	Árvores e descampados				0,043723	4,3723
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,026708	2,6708
8	Árvores e descampados				0,09992	9,992
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,031739	3,1739
10	Árvores e descampados				0,000008	0,0008
11	Casas, prédios e construções				0,008765	0,8765
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas				0,054959	5,4959
13	Árvores e descampados				0,031015	3,1015
14	Casas, prédios e construções				0,005443	0,5443
15	Árvores e descampados				0,040151	4,0151
16	Casas, prédios e construções				0,058789	5,8789
TOTAL					0,70016600	70,0166
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)					0,291767	29,1767
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)					0,408399	40,8399
Cp =	0,416711	Ci =	0,583289	C =	0,513874	

Tabela 9- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D7

<b>D7</b>					
RASTER MAP CATEGORY REPORT					
LOCATION: temp_location 20:30:22 2018			Tue Nov 06		
north: 7:14:04.567517S east: 35:52:08.804518W					
REGION south: 7:14:59.866497S west: 35:53:01.449674W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,003437	0,3437
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,029608	2,9608
3	Casas, prédios e construções			0,073027	7,3027
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,029116	2,9116
5	Casas, prédios e construções			0,045769	4,5769
6	Árvores e descampados			0,052276	5,2276
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,084547	8,4547
8	Árvores e descampados			0,258414	25,8414
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,127777	12,7777
10	Árvores e descampados			0,141318	14,1318
11	Casas, prédios e construções			0,025749	2,5749
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,02831	2,831
13	Árvores e descampados			0,138938	13,8938
14	Casas, prédios e construções			0,01381	1,381
15	Árvores e descampados			0,219463	21,9463
TOTAL				1,2716	127,1559
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,813846	81,3846
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,457713	45,7713
Cp =	0,640038	Ci =	0,359962	C =	0,539221

Tabela 10- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D8

<b>D8</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 16:45:10		
2018					
north: 7:14:01.294503S east: 35:52:18.297236W					
REGION south: 7:15:47.675248S west: 35:54:21.646329W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			3,172121	317,2121
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,061043	6,1043
3	Casas, prédios e construções			0,400778	40,0778
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,049122	4,9122
5	Casas, prédios e construções			0,528981	52,8981
6	Árvores e descampados			0,026002	2,6002
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,198257	19,8257
8	Árvores e descampados			0,00645	0,645
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,314574	31,4574
10	Árvores e descampados			0,002166	0,2166
11	Casas, prédios e construções			0,008578	0,8578
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,482602	48,2602
13	Árvores e descampados			0,1456	14,56
14	Casas, prédios e construções			0,004624	0,4624
15	Árvores e descampados			1,2545590	125,4559
TOTAL				6,6555	665,5457
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				4,606898	460,6898
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				2,048559	204,8559
Cp =	0,692199	Ci =	0,307801	C =	0,573881

Tabela 11- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D4

<b>D4</b>					
RASTER MAP CATEGORY REPORT					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 16:48:27		
2018					
north: 9201282.24850744 east: 182763.85563553					
REGION south: 9200052.24426733 west: 181243.85015292					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição		km <sup>2</sup>	há	
1	Árvores e descampados		0,000168	0,01679	
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,000002	0,0002	
3	Casas, prédios e construções		0,0418	4,18	
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,004866	0,4866	
5	Casas, prédios e construções		0,034178	3,4178	
6	Árvores e descampados		0,442361	44,2361	
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,007312	0,7312	
8	Árvores e descampados		0,005094	0,5094	
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,001996	0,1996	
10	Árvores e descampados		0,026151	2,6151	
11	Casas, prédios e construções		0,089569	8,9569	
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,009586	0,9586	
13	Árvores e descampados		0,004882	0,4882	
14	Casas, prédios e construções		0,368626	36,8626	
15	Árvores e descampados		0,0683830	6,8383	
TOTAL			1,1050	110,4974	
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)			0,547039	54,70389	
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)			0,557935	55,7935	
Cp =	0,49507	Ci =	0,50493	C =	0,500049

Tabela 12- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D2

<b>D2</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 17:29:11		
2018					
north: 7:12:48.537776S east: 35:53:21.141773W					
REGION south: 7:13:28.261694S west: 35:54:02.089528W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,057129	5,7129
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,015166	1,5166
3	Casas, prédios e construções			0,075829	7,5829
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,0375829	3,75829
5	Casas, prédios e construções			0,043893	4,3893
6	Árvores e descampados			0,025314	2,5314
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,04575	4,575
8	Árvores e descampados			0,013335	1,3335
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,152742	15,2742
10	Árvores e descampados			0,000453	0,0453
11	Casas, prédios e construções			0,010696	1,0696
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,058894	5,8894
13	Árvores e descampados			0,232725	23,2725
14	Casas, prédios e construções			0,013669	1,3669
15	Árvores e descampados			0,0107590	1,0759
TOTAL				0,7939	79,39369
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,339715	33,9715
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,4542219	45,42219
Cp =	0,427887	Ci =	0,572113	C =	0,510401

Tabela 13- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C8

<b>C8</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 17:48:43		
2018					
north: 7:12:52.058281S east: 35:51:46.021005W					
REGION south: 7:13:37.199803S west: 35:52:22.60818W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição		km <sup>2</sup>	há	
1	Árvores e descampados		0,045406	4,5406	
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,018398	1,8398	
3	Casas, prédios e construções		0,005936	0,5936	
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,027686	2,7686	
5	Casas, prédios e construções		0,144349	14,4349	
6	Árvores e descampados		0,036083	3,6083	
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,043375	4,3375	
8	Árvores e descampados		0,13406	13,406	
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,176222	17,6222	
10	Árvores e descampados		0,007302	0,7302	
11	Casas, prédios e construções		0,122633	12,2633	
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas		0,051466	5,1466	
13	Árvores e descampados		0,026051	2,6051	
14	Casas, prédios e construções		0,000171	0,0171	
15	Árvores e descampados		0,0063010	0,6301	
TOTAL			0,8454	84,5439	
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)			0,255203	25,5203	
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)			0,590236	59,0236	
Cp =	0,301859	Ci =	0,698141	C =	0,57852

Tabela 14- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C7

<b>C7</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 17:57:28		
2018					
north: 7:12:40.950114S east: 35:52:14.739863W					
REGION south: 7:13:17.78114S west: 35:52:48.493827W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,015396	1,5396
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,018586	1,8586
3	Casas, prédios e construções			0,047914	4,7914
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,033383	3,3383
5	Casas, prédios e construções			0,039664	3,9664
6	Árvores e descampados			0,051028	5,1028
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,108773	10,8773
8	Árvores e descampados			0,059952	5,9952
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,012982	1,2982
10	Árvores e descampados			0,05703	5,703
11	Casas, prédios e construções			0,032155	3,2155
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,025174	2,5174
13	Árvores e descampados			0,008388	0,8388
14	Casas, prédios e construções			0,020958	2,0958
15	Árvores e descampados			0,0478280	4,7828
TOTAL				0,5792	57,9211
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,239622	23,9622
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,339589	33,9589
Cp =	0,413704	Ci =	0,586296	C =	0,514894

Tabela 15- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C6

<b>C6</b>			
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>			
LOCATION: temp_location		Wed Nov 07 18:05:59	
2018			
north: 7:12:25.594183S east: 35:52:21.964219W			
REGION south: 7:13:04.830959S west: 35:53:04.754875W			
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275			
Category Information			
#	Descrição	km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados	0,138719	13,8719
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,022633	2,2633
3	Casas, prédios e construções	0,060989	6,0989
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,000625	0,0625
5	Casas, prédios e construções	0,059471	5,9471
6	Árvores e descampados	0,110777	11,0777
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,055334	5,5334
8	Árvores e descampados	0,018742	1,8742
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,043267	4,3267
10	Árvores e descampados	0,022876	2,2876
11	Casas, prédios e construções	0,057189	5,7189
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,030476	3,0476
13	Árvores e descampados	0,033519	3,3519
14	Casas, prédios e construções	0,022801	2,2801
15	Árvores e descampados	0,0233280	2,3328
TOTAL		0,7007	70,0746
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)		0,347961	34,7961
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)		0,352785	35,2785
Cp =	0,496558	Ci =	0,503442
C =		0,500024	



Tabela 16- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C5

<b>C5</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 18:14:06		
2018					
north: 7:12:18.33857S east: 35:52:59.476118W					
REGION south: 7:13:03.746155S west: 35:53:51.564586W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,099904	9,9904
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,004271	0,4271
3	Casas, prédios e construções			0,011504	1,1504
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,000701	0,0701
5	Casas, prédios e construções			0,022114	2,2114
6	Árvores e descampados			0,000693	0,0693
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,024942	2,4942
8	Árvores e descampados			0,009372	0,9372
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,143355	14,3355
10	Árvores e descampados			0,171152	17,1152
11	Casas, prédios e construções			0,092981	9,2981
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,1577	15,77
13	Árvores e descampados			0,136306	13,6306
14	Casas, prédios e construções			0,240976	24,0976
15	Árvores e descampados			0,0000010	0,0001
TOTAL				1,1160	111,5972
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,417428	41,7428
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,698544	69,8544
Cp =	0,374049	Ci =	0,625951	C =	0,531727

Tabela 17- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C4

<b>C4</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Wed Nov 07 18:15:17		
2018					
north: 7:12:03.643217S east: 35:52:33.264197W					
REGION south: 7:12:43.379677S west: 35:53:04.786007W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,105381	10,5381
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,021028	2,1028
3	Casas, prédios e construções			0,023233	2,3233
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,024148	2,4148
5	Casas, prédios e construções			0,041389	4,1389
6	Árvores e descampados			0,000535	0,0535
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,051719	5,1719
8	Árvores e descampados			0,0011	0,11
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,042531	4,2531
10	Árvores e descampados			0,128436	12,8436
11	Casas, prédios e construções			0,048224	4,8224
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,078002	7,8002
13	Árvores e descampados			0,041718	4,1718
14	Casas, prédios e construções			0,116398	11,6398
15	Árvores e descampados			0,0582120	5,8212
TOTAL				0,7821	78,2054
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,335382	33,5382
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,446672	44,6672
Cp =	0,428848	Ci =	0,571152	C =	0,510125

Tabela 18- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia C2

<b>C2</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Thu Nov 08 01:21:42		
2018					
north: 7:11:07.62863S east: 35:52:28.841864W					
REGION south: 7:12:13.488588S west: 35:53:34.122361W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,934277	93,4277
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,01456	1,456
3	Casas, prédios e construções			0,058949	5,8949
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,028664	2,8664
5	Casas, prédios e construções			0,010064	1,0064
6	Árvores e descampados			0,02765	2,765
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,007833	0,7833
8	Árvores e descampados			0,045265	4,5265
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,009326	0,9326
10	Árvores e descampados			0,048784	4,8784
11	Casas, prédios e construções			0,008953	0,8953
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,000753	0,0753
13	Árvores e descampados			0,09197	9,197
14	Casas, prédios e construções			0,011523	1,1523
15	Árvores e descampados			0,0023160	0,2316
TOTAL				1,3009	130,0887
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				1,150262	115,0262
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,150625	15,0625
Cp =	0,884214	Ci =	0,115786	C =	0,79524

Tabela 19- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia B10

<b>B10</b>					
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>					
LOCATION: temp_location			Thu Nov 08 01:29:54		
2018					
north: 7:13:02.110656S east: 35:53:52.00604W					
REGION south: 7:14:12.644747S west: 35:55:08.89723W					
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275					
Category Information					
#	Descrição			km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados			0,076542	7,6542
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,021633	2,1633
3	Casas, prédios e construções			0,099423	9,9423
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,014473	1,4473
5	Casas, prédios e construções			0,02663	2,663
6	Árvores e descampados			0,101742	10,1742
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,126874	12,6874
8	Árvores e descampados			0,190525	19,0525
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,021455	2,1455
10	Árvores e descampados			0,194683	19,4683
11	Casas, prédios e construções			0,013447	1,3447
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas			0,028551	2,8551
13	Árvores e descampados			0,025262	2,5262
14	Casas, prédios e construções			0,032102	3,2102
15	Árvores e descampados			0,0545760	5,4576
TOTAL				1,0279	102,7918
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)				0,643330	64,333
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)				0,384588	38,4588
Cp =	0,625857	Ci =	0,374143	C =	0,53168

Tabela 20- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia B5

<b>B5</b>			
<b>RASTER MAP CATEGORY REPORT</b>			
LOCATION: temp_location		Thu Nov 08 18:10:03	
2018			
north: 7:10:36.91703S east: 35:53:40.262572W			
REGION south: 7:12:46.919923S west: 35:54:42.283011W			
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275			
Category Information			
#	Descrição	km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados	0,016153	1,6153
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,012995	1,2995
3	Casas, prédios e construções	0,006666	0,6666
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,015868	1,5868
5	Casas, prédios e construções	0,048384	4,8384
6	Árvores e descampados	0,162799	16,2799
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,035516	3,5516
8	Árvores e descampados	0,46322	46,322
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,039504	3,9504
10	Árvores e descampados	0,447274	44,7274
11	Casas, prédios e construções	0,082924	8,2924
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,000005	0,0005
13	Árvores e descampados	0,018842	1,8842
14	Casas, prédios e construções	0,001393	0,1393
15	Árvores e descampados	0,8828150	88,2815
TOTAL		2,2344	223,4358
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)		1,991103	199,1103
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)		0,243255	24,3255
Cp =	0,89113	Ci =	0,10887
C =		0,805965	

Tabela 21- Resultados dos coeficientes de escoamento das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia D6

<b>D6</b>			
RASTER MAP CATEGORY REPORT			
LOCATION: temp_location		Thu Nov 22 15:29:06	
2018			
north: 9200164.99975989 east: 183925.00003474			
REGION south: 9198374.99975945 west: 179655.00003533			
res: 0:00:00.003275 res: 0:00:00.003275			
Category Information			
#	Descrição	km <sup>2</sup>	há
1	Árvores e descampados	1,714145	171,4145
2	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,132755	13,2755
3	Casas, prédios e construções	0,008310	0,831
4	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,059554	5,9554
5	Casas, prédios e construções	0,003543	0,3543
6	Árvores e descampados	0,115945	11,5945
7	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,078682	7,8682
8	Árvores e descampados	0,173905	17,3905
9	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,318782	31,8782
10	Árvores e descampados	0,305930	30,593
11	Casas, prédios e construções	0,001300	0,13
12	Ruas asfaltadas e pavimentadas	0,122256	12,2256
13	Árvores e descampados	0,042887	4,2887
14	Casas, prédios e construções	0,041305	4,1305
15	Árvores e descampados	0,011290	1,129
16	Casas, prédios e construções	0,000014	0,0014
TOTAL		3,1306	313,0589
TOTAL DE ÁREA PERMEÁVEL (Ap)		2,364102	236,4102
TOTAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)		0,766487	76,6487
Cp =	0,755162	Ci =	0,244838
		C =	0,630215