



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Ana Elisa Esteves dos Santos

ANÁLISE DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA ÁREA DA SUB BACIA DO  
RIBEIRÃO DOS MANGUES EM LUZIMANGUES PORTO NACIONAL TOCANTINS,  
E OS IMPACTOS NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Palmas – TO

2017

Ana Elisa Esteves dos Santos

ANÁLISE DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA ÁREA DA SUB BACIA DO  
RIBEIRÃO DOS MANGUES EM LUZIMANGUES PORTO NACIONAL TOCANTINS,  
E OS IMPACTOS NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) I  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Edivaldo Alves dos Santos

Palmas – TO

2017

Ana Elisa Esteves dos Santos

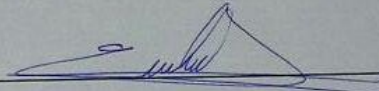
ANÁLISE DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA ÁREA DA SUB BACIA DO  
RIBEIRÃO DOS MANGUES EM LUZIMANGUES PORTO NACIONAL TOCANTINS, E  
OS IMPACTOS NO SISTEMA DE MACRODRENAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso(TCC) I  
elaborado e apresentado como requisito  
parcial para obtenção do título de bacharel  
em Engenharia Civil pelo Centro  
Universitário Luterano de Palmas  
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Edivaldo Alves dos  
Santos

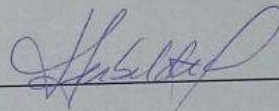
Aprovado em: 14,11,2017

BANCA EXAMINADORA



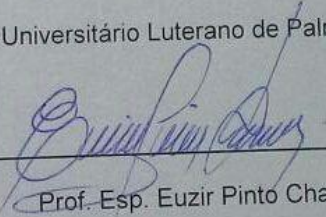
Prof. Msc. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Elizabeth Hernández Zubeldia

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2017

### **DEDICATÓRIA**

A realização de um sonho, às vezes chamado de projeto, vem acompanhada de obstáculos, sacrifícios, ajustes e recomeço. Em meio às incertezas há sempre pessoas queridas que indiscutivelmente contribuíram de forma decisiva, incentivando e viabilizando essa conquista. Dedico este trabalho aos meus pais Mirian e Sandoval, fundamentais na minha formação educacional e humana.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me proporcionar esse momento especial, sobretudo por ter me dado uma mãe e um pai tão maravilhosos que tenho, responsável por essa conquista e por todas que vierem, exemplo de força, inteligência, meu espelho sempre. E a minha irmã que teve paciência comigo durante todos esses anos.

Àqueles sem os quais a nossa caminhada seria impossível. Ser professor não é apenas ensinar, mas também ser um orientador. A singela homenagem feita aqui é desproporcional ao tamanho da contribuição de vocês à nossa vitória. Seria necessário não um pequeno texto, mas uma obra inteira para tal tarefa. Muito obrigado por todas as lições ensinadas. Novamente um muito obrigado Mestre Edivaldo Alves dos Santos.

Chegamos ao final. Juntos, demos o primeiro passo de uma longa caminhada. Foi como um sonho que nós só percebemos quando acaba! No início éramos desconhecidos. Reconhecemos as nossas semelhanças, respeitamos as nossas diferenças e nos fizemos amigos. Compartilhamos nossas histórias, compartilhamos vida. Cada um ao seu modo participou da história do outro. Foram cinco anos de convivência, de alegrias, de risadas, de obstáculos... Muito obrigada meus amigos Eva Thamara, Erika Renata, Taffarel Andrade e aos demais que me ajudaram nesta caminhada.

**SANTOS**, Ana Elisa Esteves dos. Análise do processo de urbanização na área da sub bacia do Ribeirão dos Mangues em Luzimangues Porto Nacional Tocantins, e os impactos no sistema de macrodrenagem. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

### **RESUMO**

Este estudo é um projeto de pesquisa realizado na Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues em Luzimangues no distrito do município de Porto Nacional, no estado do Tocantins, que visa avaliar os impactos que a bacia vem sofrendo, através do aumento das áreas urbanizadas, e estimar o coeficiente de escoamento em função das mudanças no uso do solo, fazendo assim interferências no sistema de macrodrenagem da região, em um determinado período. Para a classificação da urbanização da área da bacia foram identificados os usos de ocupação, definidos por categorias em baixa, média e alta urbanização, considerando para isso a análise das imagens de Satélites A partir das análises realizadas na sub bacia do Ribeirão dos Mangues, ficou evidenciada que em função do aumento da alta urbanização dos anos de 2012, 2013 e 2014, ocorreu o aumento do Coeficiente de Runoff, que saiu de 0,22 do ano de 2012 para 0,44 do ano de 2014, caracterizando uma taxa anual de 8,56% do ano de 2012, 22,88% do ano de 2013 e 34,88% no ano de 2014, este aumento ele se dá pela a substituição da cobertura vegetal pela a impermeabilização do solo.

**Palavra – Chave:** Coeficiente de Runoff, Bacia, Imagens de Satélite.

**SANTOS**, Ana Elisa Esteves dos. Analysis of the urbanization process in the area of the sub basin of Ribeirão dos Mangues in Luzimangues Porto Nacional Tocantins, and the impacts on the macrodrainage system. 2017. 60 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

### **ABSTRACT**

This study is a research project carried out in the Ribeirão dos Mangues Sub-Basin in Luzimangues, in the district of Porto Nacional, in the state of Tocantins, to evaluate the impacts that the basin has been suffering through the increase of urbanized areas and to estimate the coefficient of flow as a function of the changes in the soil use, thus causing interferences in the macrodrainage system of the region, in a certain period. In order to classify the urbanization of the Basin area, the occupation uses were identified, defined by categories in low, medium and high urbanization, considering for this the analysis of the images of Satellites. Based on the analyzes carried out in the sub basin of Ribeirão dos Mangues, evidenced that due to the increase in high urbanization in 2012, 2013 and 2014, the Runoff Ratio increased, from 0.22 in the year 2012 to 0.44 in 2014, with an annual rate of 8.56% in the year 2012, 22.88% in the year 2013 and 34.88% in the year 2014, this increase is due to the replacement of the vegetation cover by the waterproofing of the soil.

**Keyword:** Runoff Coefficient, Basin, Satellite Images.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico-----	16
Figura 2 – Bacia pré-urbanizada- Características do balanço hídrico -----	22
Figura 3 - Bacia urbanizada- Características do balanço hídrico - -----	22
Figura 4 - Área rural com atividades agricultáveis e pastoris- Características do balanço hídrico -----	23
Figura 5 –Comportamento de um Hidrograma.-----	24
Figura 6 - Comportamento de um Hidrograma da Bacia urbana e rural -----	25
Figura 7 – Permeabilidade Urbana-----	27
Figura 8 – Tipos de resolução de imagens -----	33
Figura 9 – Localização da Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues -----	35
Figura 10 – Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues delimitada no ARCGIS.-----	36
Figura 11 - Imagens de satélite Landsat 5, referente ao ano de 2012 de Porto Nacional -----	38
Figura 12 – Imagens de satélite Landsat 5, referente ao ano de 2012 de Porto Nacional com os polígonos das coberturas vegetais.-----	38
Figura 13 – Área da Bacia Delimitada.-----	41
Figura 14 – Polígono da Área Urbana -----	42
Figura 15 - Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente ao ano de 2012 -----	43
Figura 16 – Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente ao ano de 2013 -----	45
Figura 17 – Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente ao ano de 2014 -----	47
Figura 18 – Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente aos anos 2012, 2013 e 2014 -----	52



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 –Valores de C recomendados por Willians, citado por Goldenfun e Tucci(1996). -----	29
Tabela 2 – Valores de C,segundo adaptação do crítico de Fruhling, adotado pela Prefeitura de São Paulo (wilken, 1978). -----	29
Tabela 3 –Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2012 -----	44
Tabela 4 – Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2013 -----	46
Tabela 5 - Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2014 -----	48
Tabela 6 –Valor do Coeficiente de Runoff e Porcentagem das áreas Urbanas dos anos de 2012, 2013 e 2014 -----	50
Tabela 7 – Aumento da área urbanizada em relação ao ano-----	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Coeficiente
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
PDI	Processamento Digital de Imagem
SIG	Sistema de Informação Geográfica
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

**LISTA DE SÍMBOLOS**

Km	Kilometro
Km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
%	Porcentagem
m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos por segundo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 PROBLEMA .....	14
1.2 HIPÓTESES .....	14
1.3 OBJETIVOS .....	14
<b>1.3.1 Objetivo Geral</b> .....	14
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	14
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 CICLO HIDROLÓGICO .....	16
2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	18
2.3 BACIAS URBANIZADAS .....	20
<b>2.3.1 Hidrograma</b> .....	23
2.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	25
2.5 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO .....	26
2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	27
2.7 SISTEMA DE DRENAGEM .....	30
<b>2.7.1 Microdrenagem</b> .....	30
<b>2.7.2 Macrodrenagem</b> .....	31
2.8 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM .....	31
<b>2.8.1 Tipos de resolução de Imagens</b> .....	32
<b>2.8.2 Fotointerpretação</b> .....	33
<b>2.8.3 Imagens SRTM</b> .....	34
<b>2.8.4 Imagens de Satélite</b> .....	34
2.9 ARCGIS .....	34
3. METODOLOGIA .....	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....	35
3.2 COLETA DE DADOS .....	35
3.3 AQUISIÇÃO DA IMAGEM PARA A REALIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS ....	35
3.4 DELIMITAÇÃO DA BACIA NO ARCGIS .....	36
3.5 IDENTIFICAR A VARIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL .....	37
3.6 QUANTIFICAR A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO .....	39
3.7 ANÁLISE DO COEFICIENTE DE RUNOFF .....	39
4. RESULTADO E DISCUSSÕES .....	41

4.1	ÁREA DA BACIA.....	41
4.2	DETERMINAR A ÁREA DO COEFICIENTE DE RUNOFF .....	42
<b>4.2.1</b>	<b>Ano de 2012 .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Ano de 2013 .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Ano de 2014 .....</b>	<b>47</b>
4.3	OBTENÇÃO DO COEFICIENTE DE RUNOFF .....	49
4.4	EVOLUÇÃO DO COEFICIENTE DE RUNOF .....	50
4.5	COMPORTAMENTO TENDENCIOSO DO COEFICIENTE .....	53
5.	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56

## 1 INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial entre os séculos XVIII e XIX as pessoas começaram um processo de migração desordenado do campo para as grandes cidades a procura de uma vida melhor como emprego, habitação, lazer e escolas. Com este processo em grande escala, fez com que as cidades crescessem de forma acelerada, gerando grandes áreas impermeabilizadas.

O solo é um dos meios naturais mais importantes, mas com a necessidade do ser humano produzir suas atividades para sua sobrevivência, começou então a tirar proveitos do uso do solo como agricultura, pecuária, indústrias, construções na área urbana e o extrativismo que cresceram gradativamente.

Com a evolução, atividades e o crescimento desenfreado, o solo foi perdendo suas características naturais que começou a surgir diversos prejuízos no solo entre eles a redução de cobertura vegetal, degradação do solo, assoreamento, surgimentos de erosões e a capacidade de infiltrar boa parte das águas das chuvas.

Como citado anteriormente, o solo vem sofrendo ininterrupta redução das áreas permeáveis, contudo o solo vai perdendo a capacidade de escoamento superficial, que é proveniente das precipitações máximas, que com isso ocorre à interação entre os fatores como o uso do solo, a forma da bacia hidrográfica e a declividade. Dessa forma a maior alteração da superfície de uma bacia, ocorre devido à impermeabilização do solo, que é causado pela má gestão, fiscalização e o planejamento urbano, portanto causando assim a diminuição da infiltração e aumentando o escoamento superficial, sendo assim podendo ocorrer diversos problemas como erosão, compactação e deslizamentos de solos, cheias e inundações.

Este estudo é um projeto de pesquisa realizado na Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues em Luzimangues no distrito do município de Porto Nacional, no estado do Tocantins, que visa avaliar os impactos que a bacia vem sofrendo, através do aumento das áreas urbanizadas, e estimar o coeficiente de escoamento em função das mudanças no uso do solo, fazendo assim interferências no sistema de macrodrenagem da região, em um determinado período.

## 1.1 PROBLEMA

O processo de impermeabilização gerado pelo o crescimento das áreas urbanizadas e pela a má gestão do uso e ocupação do solo podem ocasionar impactos no sistema de drenagem da Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues?

## 1.2 HIPÓTESES

Com a impermeabilização do solo e a mudança da cobertura vegetal isso pode acarretar ao aumento da lamina do escoamento superficial, isso ocorrendo pode afetar o escoamento superficial, podendo gerar diversos danos.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto gerado pelo processo de urbanização na Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues, através da variação do coeficiente de Runoff em função da modificação da cobertura vegetal.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a variação da cobertura vegetal;
- Quantificar a evolução do processo de urbanização;
- Identificar o coeficiente de Runoff;
- Caracterizar a bacia de acordo com o uso e ocupação do solo.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O trabalho pretende-se oferecer uma análise por meio de fotointerpretação para avaliar a evolução do uso e ocupação do solo na Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues do distrito e do município de Porto Nacional, no estado do Tocantins.

O estudo da mudança do uso e ocupação do solo e de suma importância, pois e através do material coletado e analisado, que e possível identificar os

impactos causados pelo o avanço da má impermeabilização, que com isso o solo começa a perder a sua capacidade natural de infiltração da água no solo.

Uma das maneiras para avaliar o escoamento superficial na área de uma bacia urbana pode ser por meio do Coeficiente Runoff, que pode-se identificar possíveis áreas que possa ocorrer vazões máximas podendo gerar assim diversos prejuízos tanto para a comunidade como para o meio ambiente tais como: aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial e maiores picos de vazões nas proximidades do exutório da bacia.

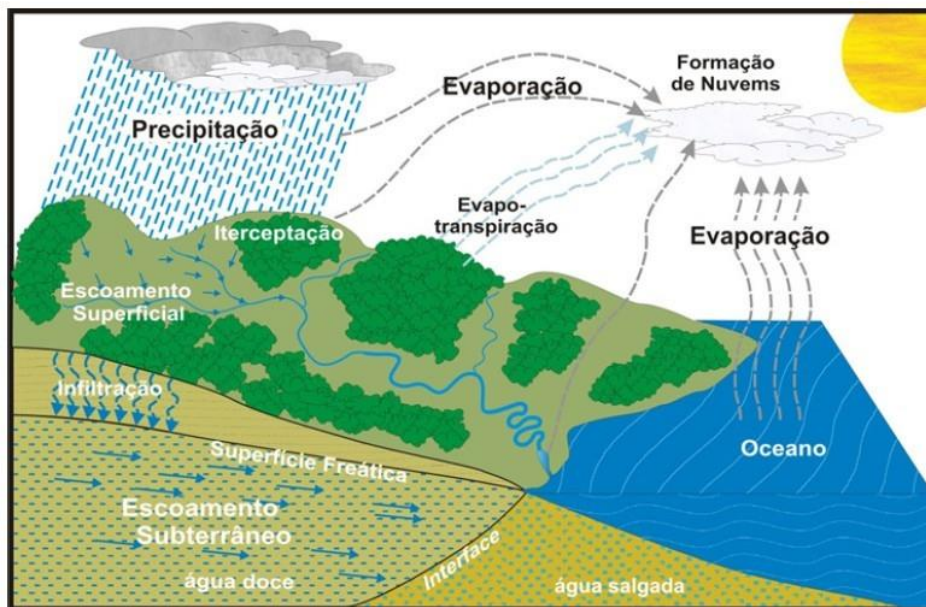


## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CICLO HIDROLÓGICO

O Ciclo Hidrológico é um acontecimento que ocorre a troca contínua de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, que este processo é feito através da energia solar agregada junto com a gravidade e a rotação terrestre como mostra a figura 1 (TUCCI et al, 2000).

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fone: [http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf)

Os principais componentes do ciclo hidrológico são:

- **Precipitação:** ocorre através da ação das massas de ar, que se dá pela transferência da água da atmosfera até a superfície terrestre, ocorrendo assim a precipitação (PINTO; PINHEIRO, 2006). Existem diversas formas para acontecer este fenômeno que são elas:
- **Chuva:** ocorre quando o fenômeno de aglutinação, crescimento das microgotículas e núcleo de condensação estão presentes nas nuvens, que faz com que formam uma grande quantidade de gotas com tamanho e peso, ocorrendo então a chuva (RENNÓ; BORMA, 2016).
- **Chuva conectiva:** são as chuvas orográficas, que acontecem quando o vento quente e úmido sopra do oceano para o continente que logo em seguida se

encontram com barreiras montanhosas, que se elevam e resfria adiabaticamente, havendo assim a condensação do vapor, que se formam nuvens de chuvas, que são chuvas de poucas durações (TUCCI et al, 2000).

- Chuvas frontais ou ciclônicas: se da pela relação de massa de ar quente com ar frio, em regiões de convergências na atmosfera, fazendo então que o ar quente e úmido aproximasse da nuvem que provoca o resfriamento e a condensação do vapor de água, assim ocorrendo a chuva de grandes durações (PAZ, 2004).
- Chuvisco: são precipitações com baixa intensidade e muito finas (TUCCI et al, 2000).
- Neve ou granizo: ocorrem quando o vapor de água converte em cristais de gelo, assim atingindo tamanho e peso necessários para a precipitação que ocorrer de forma de granizo ou neve (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010).
- Orvalho: ocorre durante a noite, que é a condensação do vapor de água (PAZ, 2004).
- Geadas: ocorre quando a temperatura está a baixo de 0°C, que formam deposições de cristais de gelo (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).
- Interceptação: parte do volume precipitado ao cair sobre a cobertura vegetal e no solo ocorre a interceptação, em folhas e caules da vegetação, de onde evaporação. A interceptação ocorre tanto com a neve como com chuva (TUCCI et al, 2000).
- Infiltração: ocorre pela a entrada de água através do poro do solo, seguindo assim diversos caminhos (PAZ, 2004).
- Transpiração: os vegetais aproveitam da umidade do solo que absorvem pela a raiz e logo em seguida devolvem para atmosfera por meio da transpiração na forma de vapor de água (TUCCI et al, 2000).
- Escoamento Superficial: é empurrado através da gravidade para as cotas mais baixas. Que começam com pequenos fios de água que marcam o solo (RENNÓ; BORMA, 2016).

## 2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Bacia Hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um curso de água predominante e seus afluentes, com declividade no sentido da seção transversal de um curso de água, com suas áreas medidas em projeção horizontal. A mesma bacia hidrográfica também pode ser conhecida como sendo uma área definida e fechada topograficamente em um ponto do curso da água, de uma maneira em que as vazões dos afluentes possam ser medida ou despejada através desse ponto (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

De acordo com o Grechia (2011) o relevo de uma bacia hidrográfica é de suma importância na velocidade do escoamento de água, sendo assim afetando o período que a água da chuva leva para lançar-se no leito do canal, portanto integrando no sistema de drenagem da bacia.

A bacia hidrográfica é considerada como uma entrada e a saída de volume de água (RENNÓ; BORMA, 2016). Para determinar especificação morfométrica de uma bacia hidrológica utiliza-se os determinados fatores físicos:

- a) Área – A área de uma bacia geralmente é apresentada por  $A$ , a área é indispensável, pois é através dela que pode-se definir a potencialidade hídrica de uma bacia hidrográfica, portanto o valor da área da bacia multiplicado pela a lâmina da chuva precipitada, resulta no volume de água recebido pela a bacia. No entanto a área de uma bacia hidrográfica pode ser projetada verticalmente, depois de definidos seus contornos sua área pode ser obtida por meio da planimetragem direta de mapas que abrange a projeção vertical, é possível também definir a área através de cálculos matemáticos de mapas armazenados eletronicamente por meio do SIG (TUCCI et al, 2000).
- b) Forma da Bacia – Geralmente as bacias hidrográficas maiores demonstra formas de leque ou de pêra, já as menores bacias apresenta diversos formatos que depende da morfologia do terreno, portanto o tipo de formato da bacia afeta o tempo de transformação da água da chuva em escoamento (PORTO; ZAHED FILHO; SILVA, 1999)
- c) Índice de Forma – É uma forma que representa a razão entre seu comprimento mais longo e a largura média da bacia, entretanto o comprimento mais longo é a distância da seção classificada até a

cabeceira mais longe da bacia. Que pode ser determinada através de formula a seguir (PORTO; ZAHED FILHO; SILVA, 1999).

$$IF = \frac{B}{L} \quad (1)$$

Onde:

B = largura média

L = comprimento da bacia

- d) Índice de Compacidade – É utilizado para relacionar o perímetro de uma bacia com a circunferência de um círculo de área igual a de uma bacia, que pode ser determinada através da fórmula (PORTO; ZAHED FILHO; SILVA, 1999)

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Onde:

P = perímetro da bacia em Km

A = área da bacia em Km<sup>2</sup>

- e) Índice de Conformação – É a associação com a área de uma bacia hidrográfica e o quadrado de sua extensão axial, aferindo durante o curso de água, da desembocadura ou divisão de referência à cabeceira mais longe, no divisor de água (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

$$Fc = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde:

Fc: índice de conformação

A: área da bacia Km<sup>2</sup>

L: comprimento axial

- f) Perímetro – O cálculo do perímetro pode ser efetuado pelo método das coordenadas utilizando o AutoCAD, além de poder calcular manualmente (PORTO; ZAHED FILHO; SILVA, 1999)
- g) Declividade – Refere-se diretamente ao tempo de duração do escoamento superficial e da concentração da precipitação dos cursos de água. Pois com a declividade maior de uma área, mais superior será a velocidade de

escoamento, e quanto menor mais proveniente será o acontecimentos de picos de enchentes (PORTO; ZAHED FILHO; SILVA, 1999)

- h) Sistema de Drenagem – É formado por rios principais e seus afluentes, o perfil de uma rede de drenagem pode ser representado pela a ordem dos cursos de água, densidade de drenagem, prolongação média do escoamento superficial e sinuosidade do curso de água (TEIXEIRA, 2010).
- i) Densidade de Drenagem – Representa a eficiência da drenagem na bacia. Sua definição e realizado através da definição entre a relação do comprimento total dos cursos d'água, uma das maneiras que pode fazer a medida da carta topográfica e através de um barbante ou de um curvímeter (TEIXEIRA, 2010).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Onde:

Dd: densidade de drenagem

L: comprimento total dos cursos d'água

A: área de drenagem (área da bacia) Km<sup>2</sup>

### 2.3 BACIAS URBANIZADAS

Em decorrência do crescimento urbano pode-se acarretar com o surgimento de ocupações inapropriadas, e para que isso seja evitado é preciso um conhecimento aprofundado para que possam ser verificadas novas possíveis áreas para a expansão urbana (Oliveira. 2016).

Com o crescimento da população começo a ocupação de novas áreas, que com isso deve ser analisadas e acompanhadas na conjuntura da bacia hidrográfica na qual estão colocadas, fazendo assim então evitando a criação de futuros problemas de inundações (BARBOSA, 2006).

Aspectos como relevo e recursos hídricos tem que ser razoável ao planejar a ocupação de uma área urbana, que uma vez irregular e mal implantada pode acarretar diversos problemas ambientais, e trazendo assim riscos para a população e ônus ao poder publico (Oliveira. 2016).

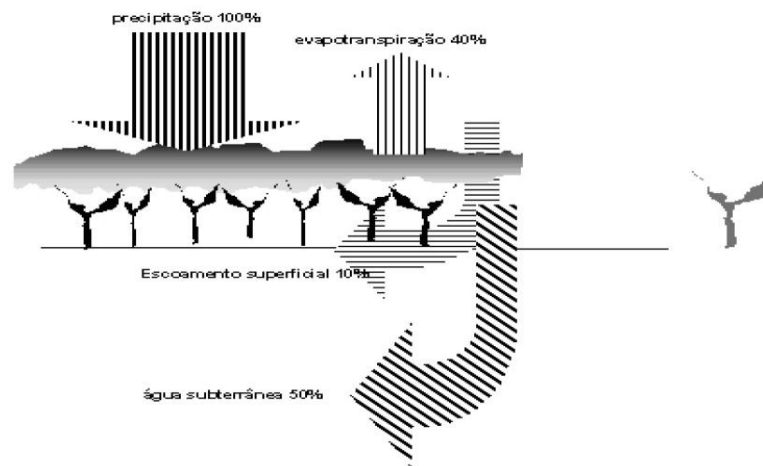
Com a modificação da cobertura vegetal do solo resultante da urbanização, começa a surgir danos a bacia, isso ocorre devido movimentos de terra, substituição da cobertura vegetal por áreas construídas, impermeabilização do solo através pavimentos, e além das mudanças morfológicas do terreno, tudo isso ocorre devido a falta de fiscalização do órgão público para que não ocorra a construção de áreas inapropriadas (BARBOSA, 2006).

Com o processo da urbanização começa a interferir no volume das vazões do escoamento superficial. Contudo as características geomorfológicas, geométricas, geológicas e o relevo de uma bacia intervêm de modo direto ao ciclo hidrológico. A forma em que o solo e utilizado e o tipo de cobertura vegetal refletem nos danos a bacia, pois a capacidade de infiltração do solo das águas pluviométricas e reduzido, aumentando assim as vazões de escoamento e impossibilitando o abastecimento do lençol freático (NARDINI, 2013).

No livro drenagem urbana Moreira (2006) demonstra uma comparação entre os sistemas de pré-urbanização e pós-urbanização, que são eles:

- Para o conjunto natural de pré-urbanização tem-se uma retenção de 40% que este volume provém das águas da chuva nas copas das árvores, e que logo em seguida são evaporadas, portando contribuindo para o aumento da umidade do ar. Neste processo, 50% das águas que são precipitadas vão sendo absorvidas pelo o solo, que em seguida alimenta o lençol freático, e apenas 10% são escoadas na superfície como demonstras a figura 2 em seguida (MOREIRA, 2006).

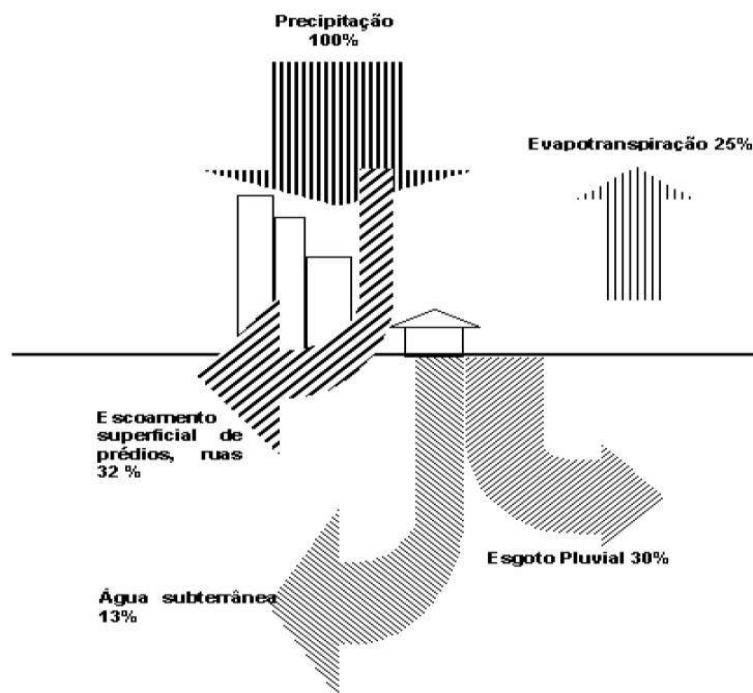
Figura 2 - Bacia pré-urbanizada- Características do balanço hídrico.



Fonte: (Moreira, 2006).

- Já nas áreas pré-urbanizadas, contudo a perspectiva torna-se: quase nada é armazenado na superfície, do volume total da água da chuva; sendo assim o escoamento superficial é de 32%; o sistema de captação de esgoto e de águas pluviais é encarregado por 30%; 25% passa pelo sistema de evapotranspiração, e somente 13% absorvido pelo solo do volume total precipitado, como demonstra a figura 3 a seguir (MOREIRA, 2006).

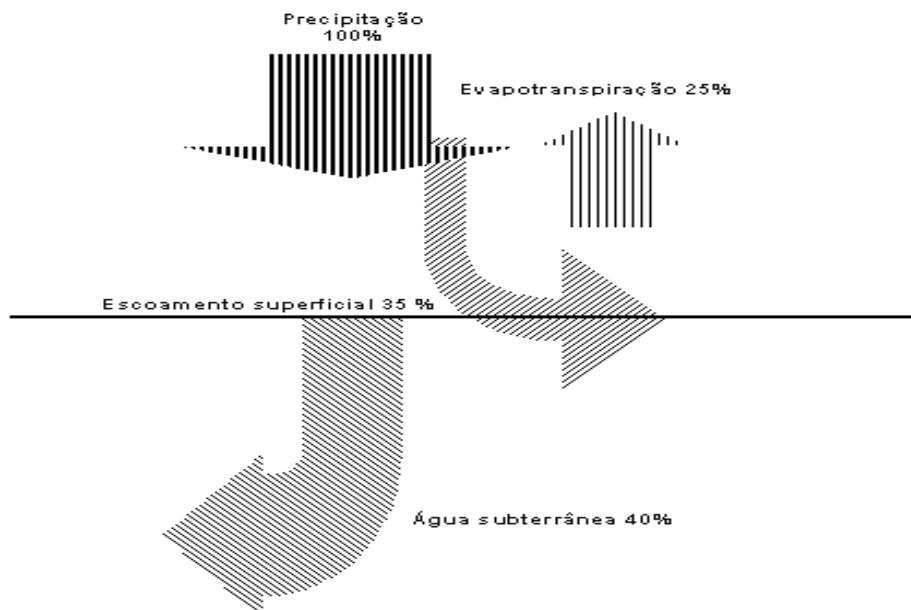
Figura 3 – Bacia Urbanizada- Características do balanço hídrico.



Fonte: (Moreira, 2006).

- Nas áreas rurais, alterada por motivos das funções pastoris e agrícolas, o percentual e de quase 0% de água pluvial retido nas copas das árvores. Do volume total, 25% é evaporado; 40% é infiltrado no solo e, por volta de , 35% é escoado na superfície como mostra a figura 4 logo a baixo (MOREIRA, 2006).

Figura 4 - Área rural com atividades agricultáveis e pastoris - Características do balanço hídrico



Fonte: (Moreira, 2006).

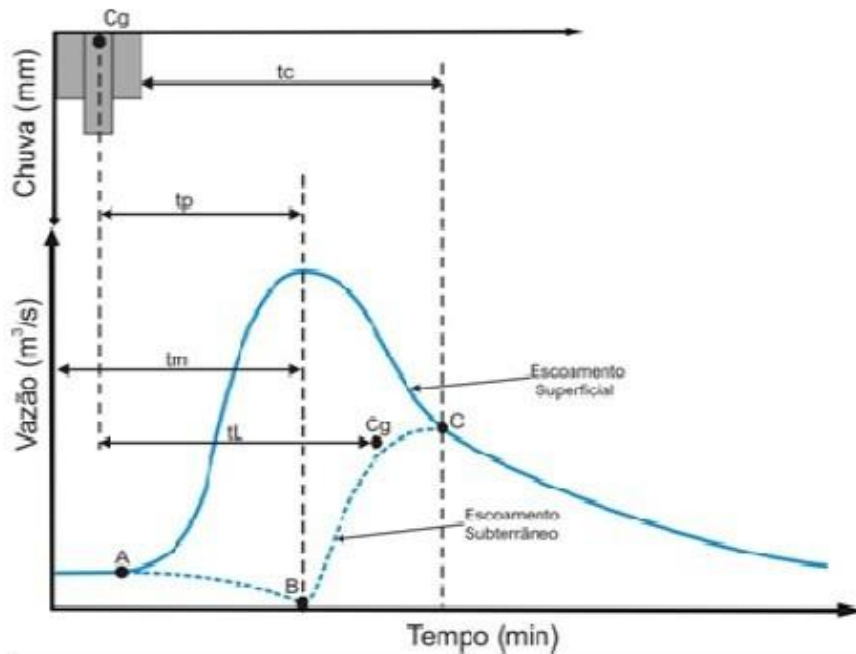
### 2.3.1 Hidrograma

Portanto há uma grande diferença entre uma bacia urbanizada e uma bacia rural, uma dessas diferenças além do balanço hídrico também esta no hidrograma, onde e uma apresentação gráfica que demonstra a variação da vazão ao longo do tempo do curso de água. No entanto a distribuição da vazão e a conclusão da relação entre os componentes do ciclo hidrológico ao longo do tempo, por meio da precipitação e a vazão da bacia hidrográfica (FINKLER, 2011).



A conduta de um hidrograma de uma bacia pode ser demonstrado na figura abaixo:

Figura 5 – Comportamento de um Hidrograma



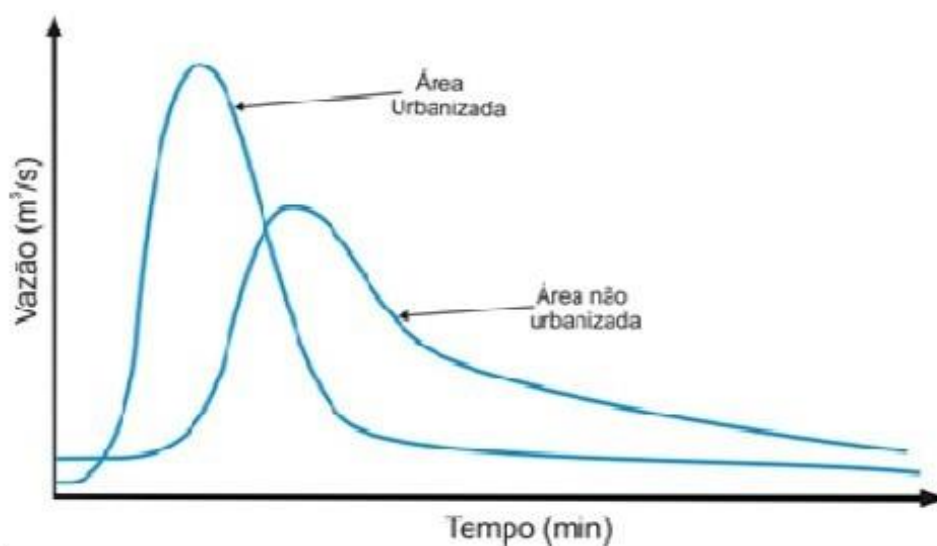
Fone: [http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf)

**Hidrograma Rural:** na bacia rural apresenta grandes áreas de pastagem ou cultivo, que demonstram mudanças no regime de escoamento em relação a modificação da cobertura vegetal e na qualidade da água. No entanto o solo a mostra, gera grandes perdas de umidade do solo em eventual necessidade de irrigação e aumenta a perda por evaporação direta, ou seja no hidrograma rural tem-se um tempo maior para um pico menor de vazão (TUDIZINI, 2008).

**Hidrograma Urbano:** com o crescimento urbano sobre os recursos hídricos acontece mudanças no o fluxo e na quantidade da água, estes processos ocorrem juntamente no meio urbano. Pois à medida que a população cresce de forma desordenada e sem planejamento, aumenta a impermeabilização do solo pela a pavimentação dos lotes e ruas, ou seja o hidrograma urbano ocorre em um curto período de tempo, e com um grande pico e vazão (FINKLER, 2011).

A diferença de um hidrograma urbano e rural pode ser observada logo abaixo na figura 5.

Figura 6 – Comportamento de um Hidrograma da bacia urbana e rural



Fone:[http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf)

## 2.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso do solo é uma demonstração real da prática pela sociedade imposta, que direta ou indiretamente, é o principal agente modificador do espaço e do meio ambiente, estes que estão sujeitos a alterações de suas características físicas e biológicas. Braga & Carvalho, (2004. P. 11) apud Labre (2015), caracterizam que toda cidade possui áreas por usos diferenciados do solo. Algumas dessas áreas são ocupadas principalmente por residências; outras, por estabelecimentos comerciais e escritórios; outras, por indústrias, e outras por vários usos. Se observarmos com atenção, veremos que a distribuição dos diversos usos obedece a uma lógica econômica, como exemplo disso é a presença da maioria dos estabelecimentos comerciais no centro da cidade.

Contudo, nem todas as distribuições acontecem de forma equilibrada. O espaço com os usos do solo tendem a gerar conflitos entre si, em virtude do crescimento da cidade, com isso satura habilidade de estrutura da infraestrutura e meio ambiente, armazenando impactos negativos (NARDINI, 2009).

O escoamento de uma bacia esta diretamente ligada pelo o uso e ocupação do solo, pois o processo de escoamento depende diretamente do tipo de cobertura vegetal existente. Em seguida com o parecer do uso e ocupação do solo e a

cobertura e possível presumir as características de escoamento, potencial de evapotranspiração, interceptação e infiltração podem ser utilizado no sistema de drenagem urbana (FINKLER, 2011).

O uso do solo esta agregado a um composto de conjunto que se forma o planejamento de uma bacia hidrográfica, porém as atividades econômicas podem gerar impactos nos elementos naturais. Por meio de áreas industriais, centros urbanos, entre outros, porém estes elementos podem ser localizados e identificados, sendo assim podendo avaliar maneiras para manejo ou estudo (FINKLER, 2011).

## 2.5 IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

A impermeabilização do solo e a troca da cobertura vegetal pelos materiais impermeáveis como cimento e asfalto, este tipo de troca faz com que ocorra a degradação do solo, além de afetar também a capacidade de filtragem da água no solo e absorção de água, fazendo assim com que aumente o escoamento superficial, deslizamentos de solo, alagamentos e riscos de erosões e afetando assim a bacia hidrográfica (ALMEIDA, 2015).

Nas áreas urbanas a impermeabilização causa a diminuição da evapotranspiração que e provocada pela a ausência de vegetação, e as superfícies asfaltadas e telhados causam o aumento da absorção de energia solar. Nas áreas rurais, ao longo do tempo o solo reduz e aumenta a capacidade de absorver a água, tudo isso se da pelo o estagio da cultura e também o tipo de manejo e a taxa de cobertura (CADORIN; MELLO, 2011).

Figura 7 - Permeabilidade Urbana



Fonte: (<http://www.arquidicas.com.br/o-quepermeabilidade/2013>)

Classificações devido à impermeabilidade do solo e o uso e ocupação do solo.

- I. Baixa urbanização - Áreas em que ainda apresentam vegetação nativa e a permeabilidade do solo é alta.
- II. Média urbanização - Áreas em que a vegetação foi adulterada, como pastagem e plantações, apresentam um solo com pouca permeabilidade.
- III. Alta urbanização - Áreas em que a vegetação foi totalmente adulterada, onde a permeabilidade do solo é extremamente baixa.

## 2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Escoamento superficial é o transporte da água na superfície terrestre. Isso ocorre devido à precipitação, pois quando a água chega ao solo parte desta água fica retida em forma de película em torno de partículas sólidas ou em depressões. Assim que a precipitação já ocupou as depressões pequenas do solo, a quantidade de retenção da vegetação foi excedida a taxa e superada, sendo assim começa o processo de escoamento superficial. Que se inicia formando pequeno fio de água que escorem sobre a superfície do solo ate chegar junto a rios, canais e corredeiras. Portanto o escoamento sempre sucede da cota mais alta para a mais baixa, sendo assim sempre saindo das regiões mais altas ate as regiões mais baixas ate chegar ao mar (TEIXEIRA, 2010).

Sendo assim a água precipitada sobre o solo, seguiu três caminhos até alcançar o curso de água que são eles: escoamento subterrâneo se dá pela contribuição do aquífero, escoamento sub-superficial ocorre devido ao fluxo junto com as raízes da cobertura vegetal e o escoamento superficial e o fluxo que escorre sobre a superfície do solo, sendo assim os dois primeiros citados se processam a velocidades mais baixas (TEIXEIRA, 2010).

O escoamento superficial cresce de acordo com o aumento da duração da precipitação da área abrangida, o tipo de solo interfere também no escoamento superficial, pois quanto mais poroso o solo mais água irá infiltrar, sendo assim reduzindo o escoamento superficial, outro fator que influencia para o escoamento é a declividade e a área da bacia, pois quanto maior, mais superior será a vazão máxima do escoamento, que ocorre na seção de deságüe da bacia (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

Existem algumas grandezas associadas ao escoamento superficial que são elas:

- Vazão: é o volume de água que percorre a seção transversal que é conhecida por unidade de tempo. É regularmente expressada em m<sup>3</sup> /s. A vazão do escoamento superficial é de suma importância para planejar o sistema de drenagem e obras que controlam as cheias e erosões (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).
- Coeficiente de escoamento superficial (c): conhecido também como coeficiente de runoff, que reproduz a correlação entre o volume escoado da superfície do terreno (ES), em relação ao volume total que é precipitado (PT) (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004). Como demonstra a equação a seguir:

$$C = \frac{ES}{PT} \quad (5)$$

Além da equação pode-se obter o valor do coeficiente de runoff através da utilização de tabela, que a partir das condições típicas e analisadas do solo e da

área pode obter o valor do coeficiente (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004). Como pode – se conferir nas tabelas abaixo:

Tabela1: valores de C recomendados por Williams, citado por Goldenfum e Tucci (1996).

superfície	Coeficiente de <i>runoff</i> , C	
	intervalo	valor esperado
• pavimento		
asfalto	0,70 - 0,95	0,83
concreto	0,80 - 0,95	0,88
calçadas	0,75 - 0,85	0,80
telhado	0,75 - 0,95	0,85
• cobertura: grama solo arenoso		
pequena declividade (2%)	0,05 - 0,10	0,08
declividade média (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
forte declividade (7%)	0,15 - 0,20	0,18
• cobertura: grama solo pesado		
pequena declividade (2%)	0,13 - 0,17	0,15
declividade média (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
forte declividade (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

Tabela 2: valores de C, segundo adaptação do critério de Fruhling, adotado pela Prefeitura de São Paulo (Wilken,1978).

Zonas	C
<b>Edificação muito densa:</b> Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<b>Edificação não muito densa:</b> Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<b>Edificações com poucas superfícies livres:</b> Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
<b>Edificações com muitas superfícies livres:</b> Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
<b>Subúrbios com alguma edificação:</b> Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
<b>Matas, parques e campos de esporte:</b> Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte: (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

- Tempo de Concentração ( $t_c$ ): é o tempo em que a água que cai no ponto mais longe da área, que leva para chegar até a seção de deságüe da bacia, ou seja é o tempo necessário para que toda bacia contribua com o escoamento superficial (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).
- Período de retorno (T): é o período em tempo médio em anos, que o evento é superado ou igualado, pelo menos uma vez (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

## 2.7 SISTEMA DE DRENAGEM

O sistema de drenagem pode ser classificado com diferentes critérios, quando as águas pluviais são drenadas em uma rede independente da rede do esgoto sanitário, este sistema é chamado de separador absoluto. O sistema unitário é denominado quando utiliza uma única rede para os dois sistemas (TEIXEIRA, 2005).

O sistema de drenagem de água pluvial é composto por canais subterrâneos e superficial, nos sistemas viários superficial é composto por boca de lobo, sarjetas e guias, já as redes subterrâneas fazem parte das condutas de águas pluviais enterradas. O sistema de drenagem urbano se divide em dois sistemas em macrodrenagem e microdrenagem (TEIXEIRA, 2005).

### 2.7.1 Microdrenagem

O sistema de microdrenagem drena volumes de pequenas áreas, seus componentes são os poços de visitas, tubos de conexões, bocas de lobos, sarjetas e as vias, outros tipos de sistema que faz parte deste conjunto são as trincheiras de infiltrações, o armazenamento e a infiltração em áreas de estacionamentos, as valas de retenção e os reservatórios domiciliares de águas pluviais. Este sistema visa reduzir os impactos nas bacias hidrológicas (TEIXEIRA, 2005).

### 2.7.2 Macrodrenagem

Moreira (2006), afirma que, entende-se por macrodrenagem o conjunto de soluções de engenharia formado por sistemas de captação pluvial, composto de obras estruturais que objetivam o encaminhamento das águas pluviais para os córregos e rios. A macrodrenagem favorece o escoamento e não a infiltração.

Já o Sistema de Macro-drenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica (BARBOSA, 2006).

## 2.8 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

PDI mais conhecido como Processamento digital de imagem, é um conjunto de tarefas que são ligadas umas as outras. Este processo inicia com a captura de imagens, onde normalmente condiz à iluminação que é refletida na superfície dos objetos, que é executada através de um sistema de aquisição. A captura é realizada por meio do processo de digitalização, pois as imagens devem ser representadas de forma apropriada para o tratamento computacional. O processamento digital possui diversas etapas que serão descritas a seguir (QUEIROZ; GOMES, 2001).

- Aquisição de imagens: é necessário de dois elementos para a aquisição das imagens o primeiro é o dispositivo físico, que é sensível ao espectro de energia de eletromagnética, como por exemplo, o espectro dos raios-x. O segundo elemento é o digitalizador é um mecanismo que converte o sinal elétrico analógico produzido na saída do sensor em um sinal digital (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).
- Técnicas Pré-processamento: tem a função de aprimorar a qualidade da imagem. É uma técnica que engloba duas categorias principais: método que opera no domínio de frequência são filtros que agem sobre o espectro da imagem, já o método que opera no domínio espacial, são filtros que manipulam o plano da imagem (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).



- Segmentação: é uma maneira de separar a imagem de forma em que as partes sejam diferentes entre si. A segmentação é o processo mais crítico do tratamento das informações, pois é nesta etapa que deve definir as regiões de interesse para análises posteriores e o processamento. Portanto qualquer erro que ocorrer nesta etapa deve-se refletir em todas as outras sendo assim um resultado não desejado (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).
- Pós-Processamento: é a etapa que deve ser executada logo após a segmentação, é nesta etapa que são corrigidos os erros que ocorreram na etapa anterior, esta correção é feita através da técnica Morfologia Matemática, que são filtros morfológicos que realiza uma análise quantitativa dos pixels da imagem (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).
- Extração de Atributos: o objetivo deste processamento é obter informações numéricas são realizar a extração de atributos, além de ser a etapa final do processamento de imagens (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).
- Classificação e Reconhecimento: é a identificação do objeto segmentado na imagem de forma automática, existem duas formas de classificação que são elas o reconhecimento propriamente dito e o aprendizado, que tem a função de separar todas as formas representadas no espaço de medida (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

### **2.8.1 Tipos de resolução de Imagens**

A resolução de imagens está dividida em quatro classes que serão demonstradas logo a seguir.

Figura 8 – Tipos de resolução de imagens

Componente	Parâmetro
Espacial	Tamanho do Pixel
Temporal	Frequência de Passagem
Espectral	Número de Bandas
Radiométrica	Níveis de Cinza

Fonte: (RUDORFF,2008)

- Resolução Espacial: seu elemento principal é o pixels, as imagens do sensoriamento remoto possuem estrutura matricial, este tipo de resolução especifica o tamanho que o pixel representa na realidade, quando que para cada pixel representa sempre a mesma área e a mesma dimensão na superfície da terra. Pois quanto maior a resolução espacial menor o tamanho real do pixel (RUDORFF, 2008).
- Resolução Espectral: é o numero de bandas que o satélite consegue discretizar, onde a energia é emitida para a superfície através de ondas (RUDORFF, 2008).
- Resolução Radiométrica: são os atributos que cada pixel possui, que indica seu nível de cinza, que este tom representa a intensidade da energia eletromagnética (RUDORFF, 2008).
- Resolução Temporal: representa o tempo em que o satélite leva para cobrir a mesma área (RUDORFF, 2008).

### 2.8.2 Fotointerpretação

Devido às dificuldades de acesso e pela facilidade de acelerar os detalhes referentes a todos os elementos de reconhecimento das áreas de estudo, o procedimento vem a ser necessário. O processo de fotointerpretação tem como técnica principal averiguar a significância das imagens fotografadas pelos objetos.

Como relatado por COLWELL (1952) apud RIBEIRO (2002), a fotointerpretação se apoiou em elementos nas fotografias aéreas como textura, cor, forma, tonalidade, dimensão e convergência de evidências. Assim, também

proposto, que a fotointerpretação deve apoiar no “princípio da convergência de evidências”, onde diversos elementos de reconhecimento remetem a uma provável definitiva conclusão.

### **2.8.3 Imagens SRTM**

SRTM significa Missão Topográfica Radar Shuttle e uma função espacial que obtém um modelo digital do terreno da terra entre 56 °S e 60 °N onde gera uma base de cartas topográfica (GROHMANN; RICCOMINI; STEINER, 2008).

### **2.8.4 Imagens de Satélite**

As imagens de satélites são de grande importância, pois e através delas que pode identificar algo em uma região de forma rápida e fácil, pois essas imagens são disponíveis na internet (FLORENZANO, 2008).

Mas estas imagens só são disponíveis, pois os satélites capturam as imagens em uma determinada distância e disponibiliza a imagem alguns desses satélites são QuickBird, Spot, Ikonos, Eros, LandSat e Cbers, e através destes que podemos estas imagens de forma rápida (FIGUEIREDO, 2005).

## **2.9 ARCGIS**

O Arcgis e um software de sistema de informação geográfica (Geographic Information System – GIS) este sistema e utilizado para trabalhar com informações geográficas e mapas (SILVA, 2010).

Para utilizar o arcgis deve alimentar o sistema com os dados a serem trabalhados, pois e por meio dele que pode fazer a criação e utilização de mapas, usar mapas e informações geográficas para varias aplicações, análise de informações mapeadas além de compilar dados geográficos (BRANDALIZE, 2011).

O Arcgis faz parte da empresa ESRI, onde inclui vários softwares para o dsktop do Windows como ArcReader além do Arcgis, que tem a versão gratuita para estudantes e a versão que e paga (SILVA, 2010).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues tem como localidade em Luzimangues no distrito de Porto Nacional no Estado do Tocantins.

Figura 9 – Localização da Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues



Fonte: [http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/Estado\\_do\\_Tocantins\\_Mapas\\_A0\\_2015/Bacias\\_hidrograficas\\_TO\\_2015.pdf](http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/Estado_do_Tocantins_Mapas_A0_2015/Bacias_hidrograficas_TO_2015.pdf)

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Nesta etapa foi definidos os dados utilizados, de forma que foi possível realizar uma avaliação das mudanças ocasionadas no uso e ocupação do solo e seus reflexos na drenagem da bacia.

#### 3.3 AQUISIÇÃO DA IMAGEM PARA A REALIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Os dados SRTM geram imagens de relevo da superfície terrestre, através de medidas tridimensionais coletados por sensoriamento remoto. As imagens são disponibilizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com resolução de 90 metros. Esses dados foram utilizados para realizar a modelagem hidrológica e além de delimitar a sub Bacia do Ribeirão dos Mangues.

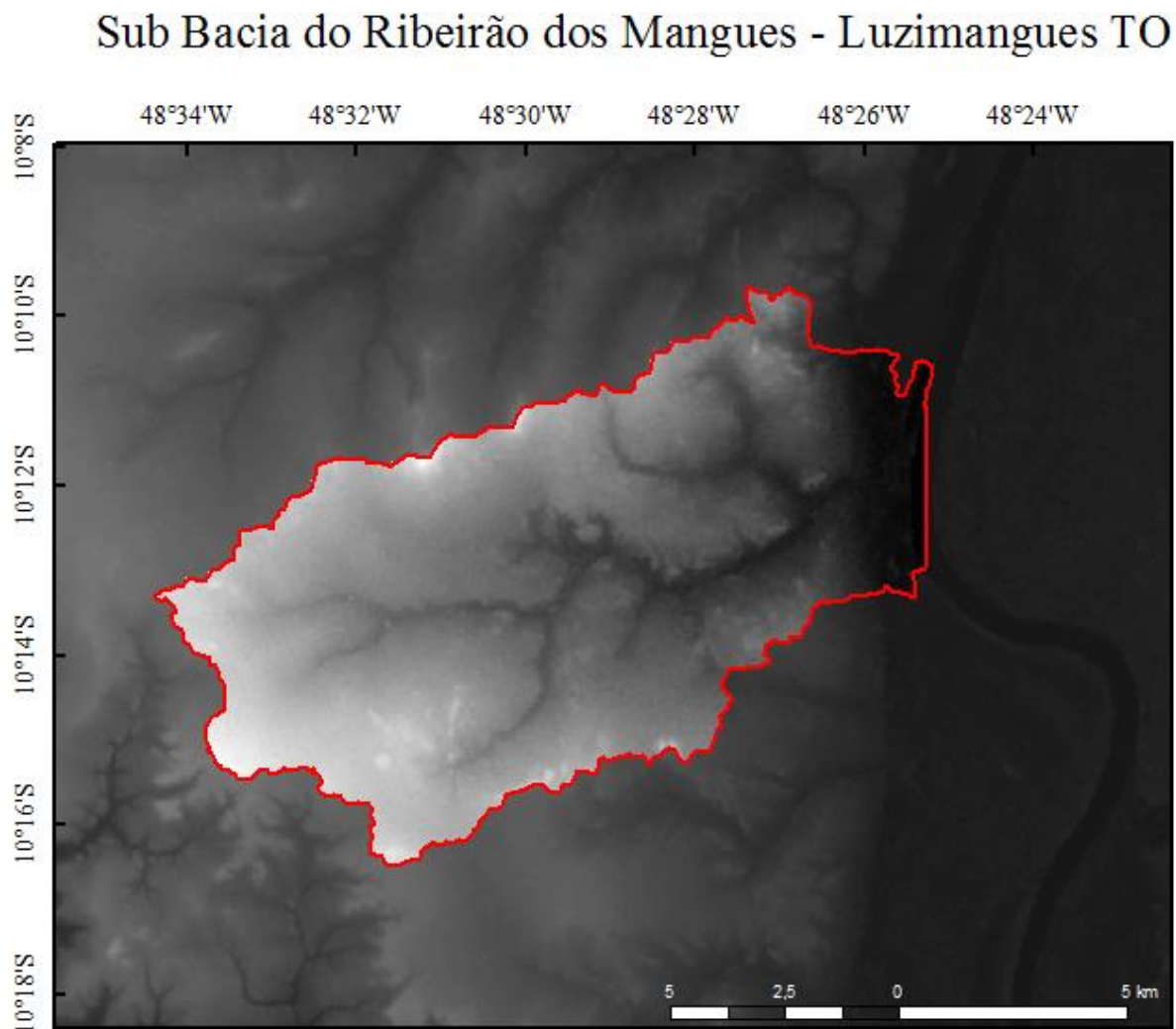
Já para a realização dos procedimentos do processo de urbanização foram utilizadas imagens orbitais georreferenciadas, na forma de mosaicos recortados e cenas, com abrangência espacial para o território tocantinense, é estas imagens são

disponibilizadas pela a Secretaria do Planejamento e Orçamento (Seplan), e sua resolução muda de acordo com o ano em estudo.

### 3.4 DELIMITAÇÃO DA BACIA NO ARCGIS

Com a utilização das imagens SRTM foi delimitada no ARCGIS a Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues.

Figura 10 – Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues delimitada no ARCGIS



Fonte: Autor

### 3.5 IDENTIFICAR A VARIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

Para a classificação da urbanização da área da Bacia serão identificados os usos de ocupação, definidos por categorias em baixa, média e alta urbanização, considerando para isso a análise das imagens de satélite Landsat 5, referente ao ano de 2012 co em composição colorida banda/cor 5R, 4G e 3B , com uma resolução de 30 metros, satélite Landsat 8, referente ao ano de 2013, em composição colorida banda/cor 4R, 5G e 3B, com uma resolução de 15 metros satélite Landsat 8, referente ao ano de 2014, em composição colorida banda/cor 4R, 5G e 3B, com uma resolução de 15 metros.

I. Baixa urbanização - Áreas em que ainda apresentam vegetação nativa e a permeabilidade do solo é alta.

II. Média urbanização - Áreas em que a vegetação foi modificada, como pastagem e plantações, apresenta um solo com pouca permeabilidade.

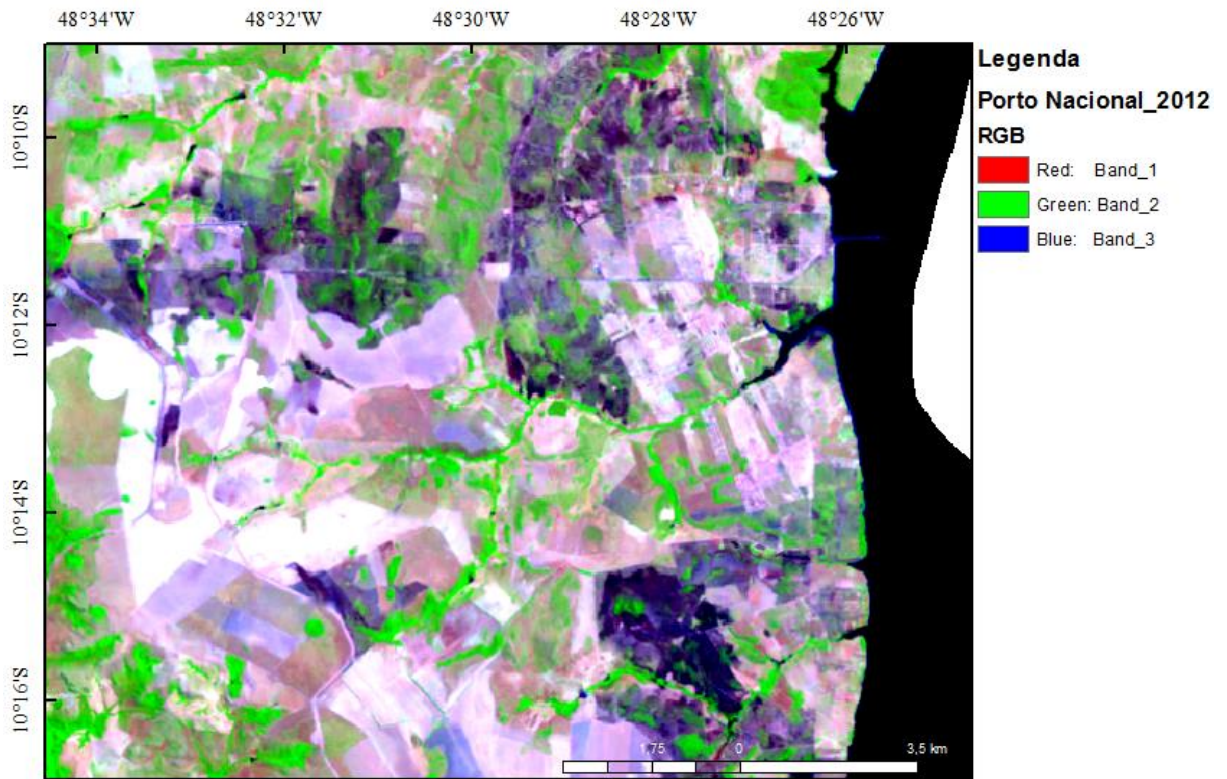
III. Alta urbanização - Áreas em que a vegetação foi totalmente modificada, onde a permeabilidade do solo é extremamente baixa.

Para identificar a variação da cobertura vegetal deve seguir os seguintes passos:

Primeiramente deve adicionar a imagem de Porto Nacional no Arcgis como mostra a figura 11.

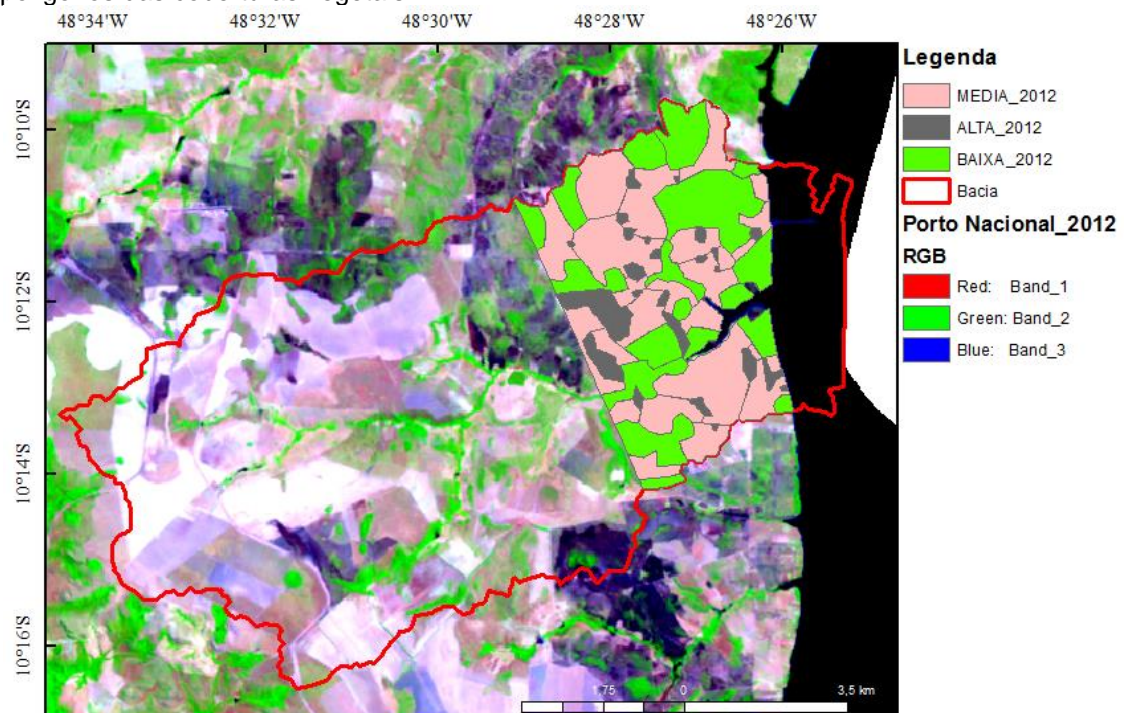
Em seguida deve-se criar Shapefile para identificar à baixa, média e alta urbanização e para fazer os polígonos na imagem de satélite, como mostra na figura 12.

Figura 11 - Imagens de satélite Landsat 5, referente ao ano de 2012 de Porto Nacional



Fonte: Autor; 2017

Figura 12 - Imagens de satélite Landsat 5, referente ao ano de 2012 de Porto Nacional com os polígonos das coberturas vegetais.



Fonte: Autor; 2017

### 3.6 QUANTIFICAR A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Para cada ano foi coletado um número de polígonos de intensidade baixa, média e alta urbanização que com isso foi feita uma relação entre eles para determinar a tendência do comportamento do crescimento na Sub Bacia do Ribeirão dos Mangues.

### 3.7 ANÁLISE DO COEFICIENTE DE RUNOFF

De acordo com as imagens dos anos 2012, 2013 e 2014 que foi utilizadas para a análise do uso e ocupação de solo, pode-se obter os valores do coeficiente de runoff por meio das tabelas 1 e 2 para baixa urbanização que foi 0,10, média urbanização 0,20 e alta urbanização 0,95.

Tabela1: valores de C recomendados por Williams, citado por Goldenfum e Tucci (1996).

superfície	Coeficiente de <i>runoff</i> , C	
	intervalo	valor esperado
• pavimento		
asfalto	0,70 - 0,95	0,83
concreto	0,80 - 0,95	0,88
calçadas	0,75 - 0,85	0,80
telhado	0,75 - 0,95	0,85
• cobertura: grama solo arenoso		
pequena declividade (2%)	0,05 - 0,10	0,08
declividade média (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
forte declividade (7%)	0,15 - 0,20	0,18
• cobertura: grama solo pesado		
pequena declividade (2%)	0,13 - 0,17	0,15
declividade média (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
forte declividade (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).



Tabela 2: valores de C, segundo adaptação do critério de Fruhling, adotado pela Prefeitura de São Paulo (Wilken,1978).

<b>Zonas</b>	<b>C</b>
<b>Edificação muito densa:</b> Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<b>Edificação não muito densa:</b> Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<b>Edificações com poucas superfícies livres:</b> Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
<b>Edificações com muitas superfícies livres:</b> Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
<b>Subúrbios com alguma edificação:</b> Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
<b>Matas, parques e campos de esporte:</b> Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

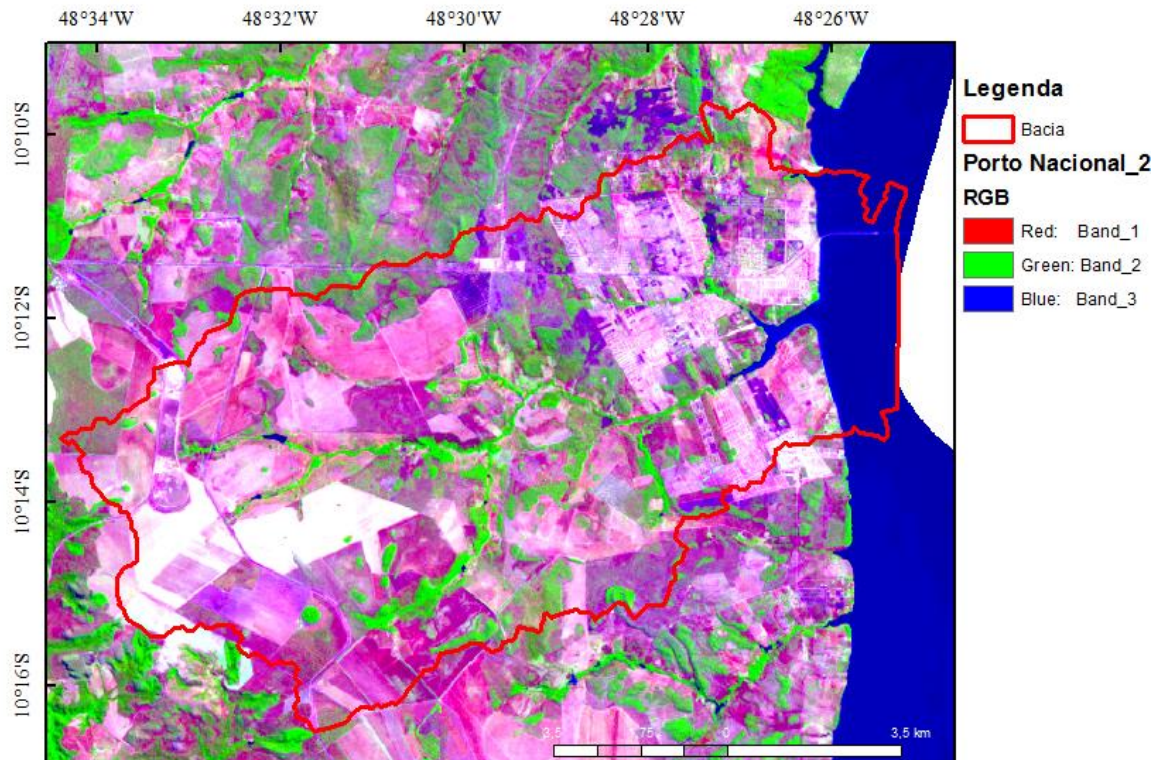
Fonte: (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2004).

## 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 4.1 ÁREA DA BACIA

Logo após a delimitação da bacia foi determinada sua área que e equivalente a 114,182 km<sup>2</sup> como mostra a figura 13.

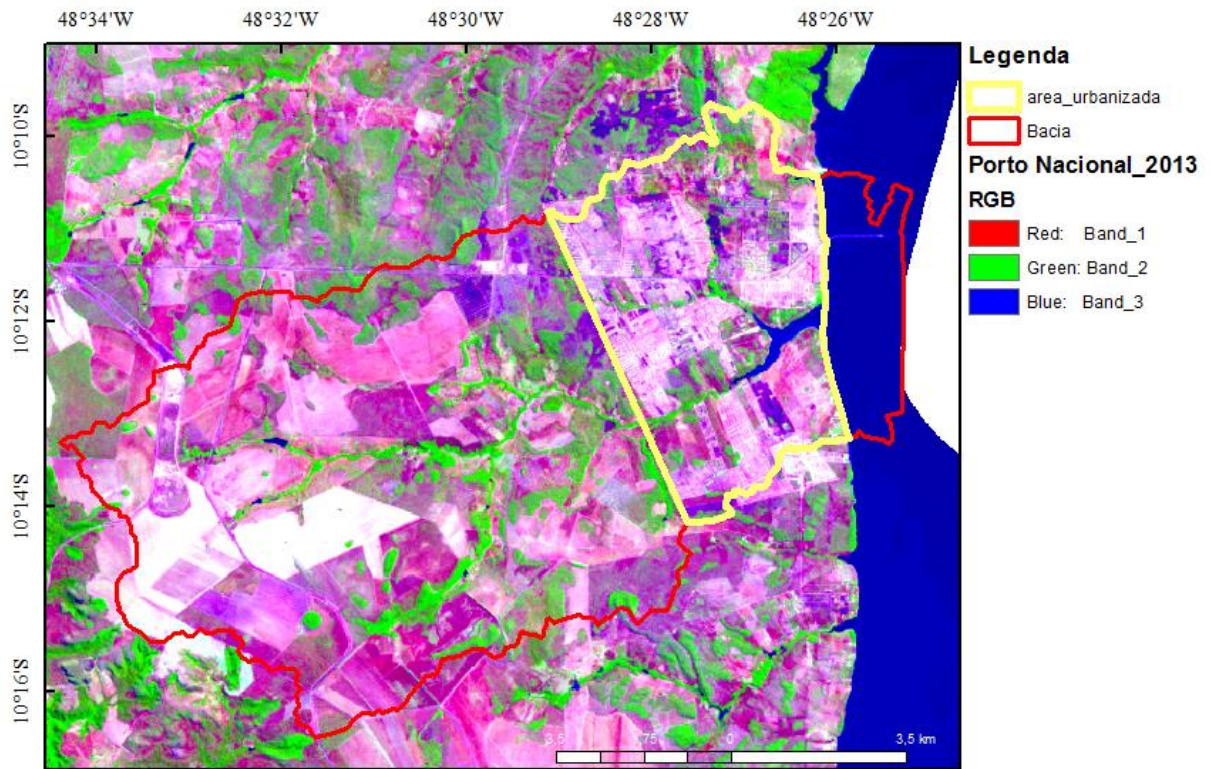
Figura 13 – Área da Bacia Delimitada.



Fonte: Autor; 2017

De acordo com a figura 14 à uma área da bacia onde se encontra mais urbanizada, que é onde foi realizado o estudo, portanto foi realizado um polígono nesta área resultando em uma área de 29,311Km<sup>2</sup> onde foi feito os polígonos de acordo com as classificações de uso e ocupação do solo.

Figura 14 – Polígono da Área Urbana



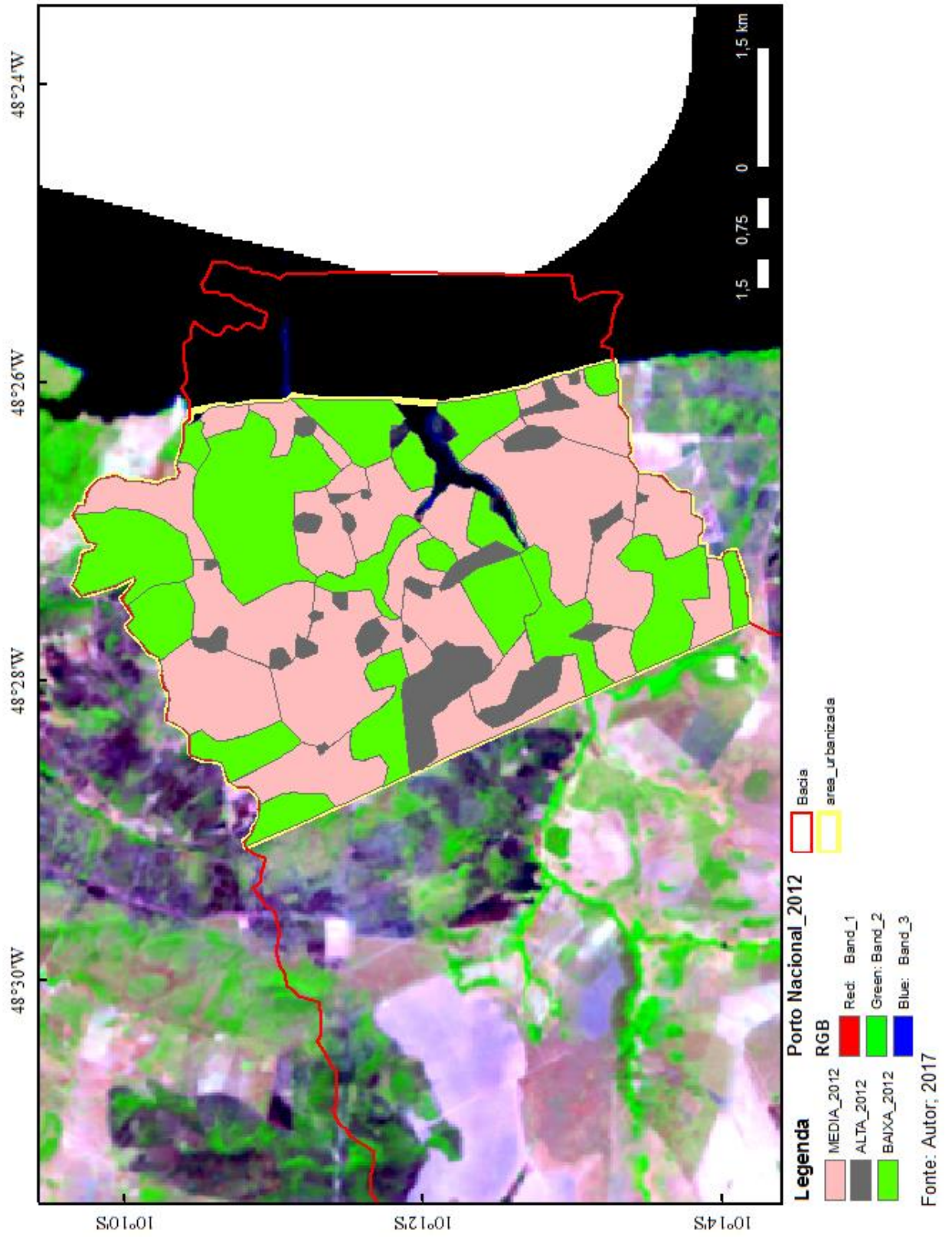
Fonte: Autor; 2017

#### 4.2 DETERMINAR A ÁREA DO COEFICIENTE DE RUNOFF

Por meio dos dados de uso e ocupação do solo, referente aos anos de 2012, 2013 e 2014, foi possível identificar as ocupações na área da bacia. Para cada período foi demonstrado à base de dados do uso e ocupação da área da bacia, bem como, o tipo de uso do solo e sua área, como está demonstrando nas figuras 15, 16 e 17.

4.2.1 Ano de 2012

Figura 15 -- Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente ao ano de 2012



Fonte: Autor, 2017

A figura 15 demonstra a evolução dos polígonos de alta, média e baixa urbanização com a utilização das imagens de satélite do ano de 2012 da cidade de Porto Nacional, sendo assim esses procedimentos foi realizado por meio do programa Arcgis.

#### Classificações do uso e ocupação do solo

- Alta Urbanização: Áreas em que a vegetação foi totalmente modificada, onde a permeabilidade do solo é extremamente baixa.  
Coeficiente de Runoff de Alta Urbanização: 0,95
- Média Urbanização - Áreas em que a vegetação foi modificada, como pastagem e plantações, apresenta um solo com pouca permeabilidade  
Coeficiente de Runoff de Média urbanização: 0,20.
- Baixa Urbanização - Áreas em que ainda apresentam vegetação nativa e a permeabilidade do solo é alta.  
Coeficiente de Runoff de Baixa Urbanização: 0,10

De acordo com a classificação de uso e ocupação do solo por meio da utilização das imagens de satélites, foi possível determinar e calcular a área e a porcentagem de cada uma delas, que obteve os resultados da tabela 3 a seguir.

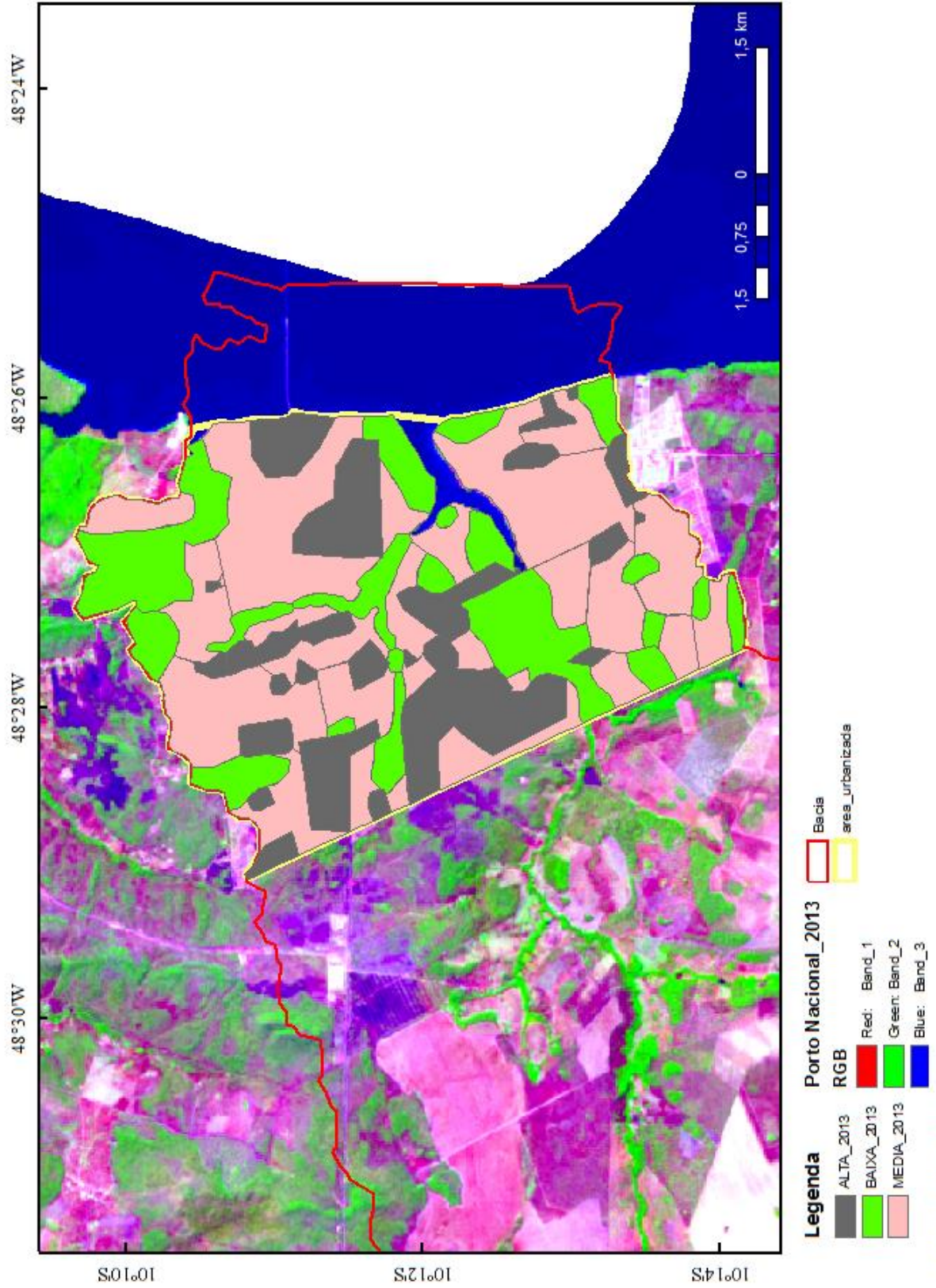
Tabela 3 –Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2012

<b>Classificação do Solo</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Alta Urbanização	0,95	2,516	8,56
Média Urbanização	0,20	14,995	51,16
Baixa Urbanização	0,10	11,062	37,74

Fonte: Autor; 2017

4.2.2 Ano de 2013

Figura 16 -- Polígono de Alta, Média e Baixa Urbanização referente ao ano de 2013



Fonte: Autor, 2017

Como mostra a figura 16 os polígonos de alta urbanização teve um crescimento significativo em relação ao ano de 2012, enquanto os polígonos de baixa e média urbanização diminuíram, isso ocorre devido a substituição da cobertura vegetal pela impermeabilização do solo.

#### Classificações do uso e ocupação do solo

- Alta Urbanização: Áreas em que a vegetação foi totalmente modificada, onde a permeabilidade do solo é extremamente baixa.  
Coeficiente de Runoff de Alta Urbanização: 0,95
- Média Urbanização - Áreas em que a vegetação foi modificada, como pastagem e plantações, apresenta um solo com pouca permeabilidade  
Coeficiente de Runoff de Média urbanização: 0,20.
- Baixa Urbanização - Áreas em que ainda apresentam vegetação nativa e a permeabilidade do solo é alta.  
Coeficiente de Runoff de Baixa Urbanização: 0,10

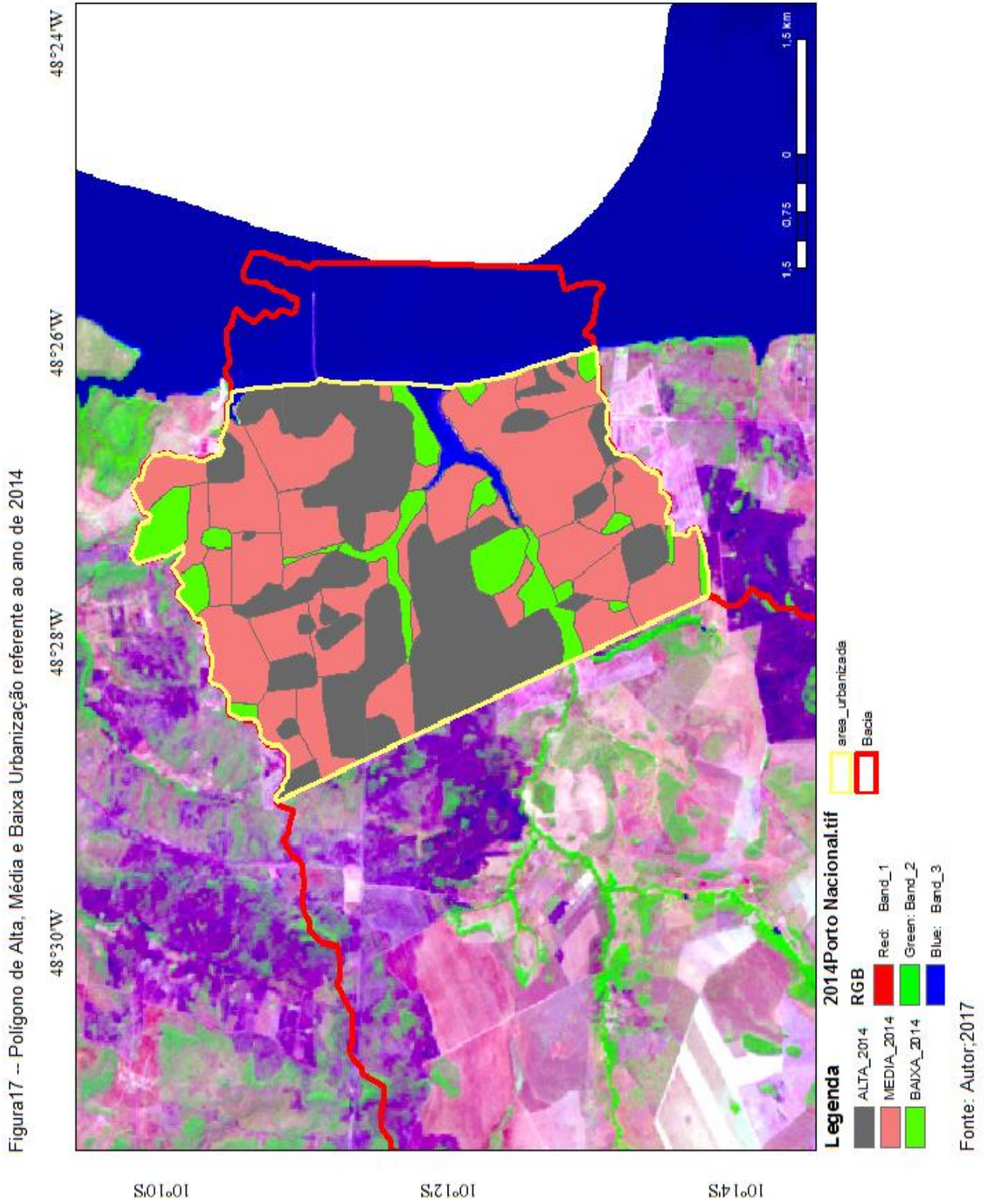
De acordo com a classificação de uso e ocupação do solo por meio da utilização das imagens de satélites, foi possível determinar a área e a porcentagem das classificações do ano de 2013, que com isso pode-se observar um aumento da alta urbanização que passou de 8,56% do ano de 2012 para 22,88%, sendo assim ocorrendo à diminuição da baixa e média urbanização em relação ao ano de 2012 como mostra a tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2013

<b>Classificação do Solo</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Alta Urbanização	0,95	6,707	22,88
Média Urbanização	0,20	14,102	48,11
Baixa Urbanização	0,10	7,14	24,36

Fonte: Autor; 2017

4.2.3 Ano de 2014





Como mostra a figura 17 os polígonos de alta urbanização teve um aumento bastante significativo em relação aos anos anteriores, portanto isto significa que a cada ano que passa esta aumentando cada vez mais a urbanização e reduzindo a cobertura vegetal.

#### Classificações do uso e ocupação do solo

- Alta Urbanização: Áreas em que a vegetação foi totalmente modificada, onde a permeabilidade do solo é extremamente baixa.  
Coeficiente de Runoff de Alta Urbanização: 0,95
- Média Urbanização - Áreas em que a vegetação foi modificada, como pastagem e plantações, apresenta um solo com pouca permeabilidade  
Coeficiente de Runoff de Média urbanização: 0,20.
- Baixa Urbanização - Áreas em que ainda apresentam vegetação nativa e a permeabilidade do solo é alta.  
Coeficiente de Runoff de Baixa Urbanização: 0,10

De acordo com a classificação de uso e ocupação do solo por meio da utilização das imagens de satélites, foi possível determinar a área e a porcentagem das classificações do ano de 2014, que com isso pode-se observar um aumento significativo da alta urbanização que passou de 8,56% do ano de 2012 para 22,88% do ano de 2013, e para 34,88% no ano de 2014, sendo assim ocorrendo à diminuição da baixa e média urbanização em relação aos anos de 2012 e 2013, no entanto isso ocorre devido o aumento da urbanização que com isso diminua a área permeável, como mostra a tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Área e Porcentagens dos polígonos Alta, Média e Baixa Urbanização de 2014

<b>Classificação do Solo</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Alta Urbanização	0,95	10,225	34,88
Média Urbanização	0,20	14,959	51,03
Baixa Urbanização	0,10	3,44	11,74

Fonte: Autor; 2017

### 4.3 OBTENÇÃO DO COEFICIENTE DE RUNOFF

Após encontrar todas as áreas das classificações de Alta, Média e Baixa urbanização, foi feita uma média ponderada para encontrar o coeficiente de Runoff final para cada ano em estudo 2012, 2013 e 2014, como mostra os cálculos a baixo, esses coeficiente de runoff utilizado para realizar a média ponderada foi adotado de acordo com as tabelas 1 e 2.

$$C = \frac{(A1 \times C1) + (A2 \times C2) + (A3 \times C3)}{At}$$

Onde: (6)

A1= Área de Alta Urbanização (Km<sup>2</sup>)

C1= Coeficiente de Runoff de Alta Urbanização (0,95)

A2= Área de Média Urbanização (Km<sup>2</sup>)

C2= Coeficiente de Runoff de Média Urbanização (0,20)

A3= Área de Baixa Urbanização (Km<sup>2</sup>)

C3= Coeficiente de Runoff de Baixa Urbanização (0,10)

At= Área Total (Área Urbanizada) (Km<sup>2</sup>)

- Ano de 2012

$$C = \frac{(2,516 \times 0,95) + (14,995 \times 0,20) + (11,062 \times 0,10)}{29,311}$$

$$C = 0,22$$

- Ano de 2013

$$C = \frac{(6,707 \times 0,95) + (14,102 \times 0,20) + (7,140 \times 0,10)}{29,311}$$

$$C = 0,33$$

- Ano de 2014

$$C = \frac{(10,225 \times 0,95) + (14,959 \times 0,20) + (3,44 \times 0,10)}{29,311}$$

$$C = 0,44$$

#### 4.4 EVOLUÇÃO DO COEFICIENTE DE RUNOFF

Como mostra a tabela 6 a seguir ouve uma evolução do coeficiente de runoff dos anos de 2012 até 2014, saindo de 0,22 para 0,44, essa evolução se dá pela a substituição da cobertura vegetal pela a impermeabilização do solo, ou seja, a alta urbanização teve um aumento significativo da ordem de 8,56% para 34,88% enquanto a baixa urbanização diminuiu como pode ser observado na tabela 6 a seguir.

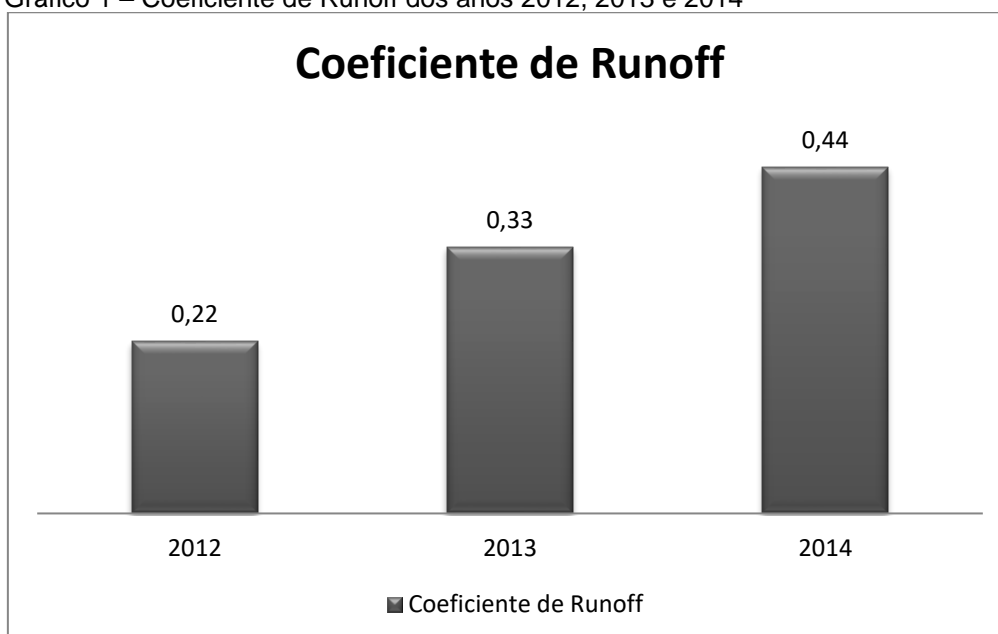
Tabela 6 – Valor do Coeficiente de Runoff e Porcentagem das áreas Urbanas dos anos 2012, 2013 e 2014.

Ano	Coeficiente de Runoff	Área Urbana (%)
2012	0,22	8,56
2013	0,33	22,88
2014	0,44	34,88

Fonte: Autor; 2017

Utilizando os valores encontrados do coeficiente de Runoff pode-se elaborar o gráfico para analisar a evolução nos anos de 2012, 2013 e 2014 como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 – Coeficiente de Runoff dos anos 2012, 2013 e 2014

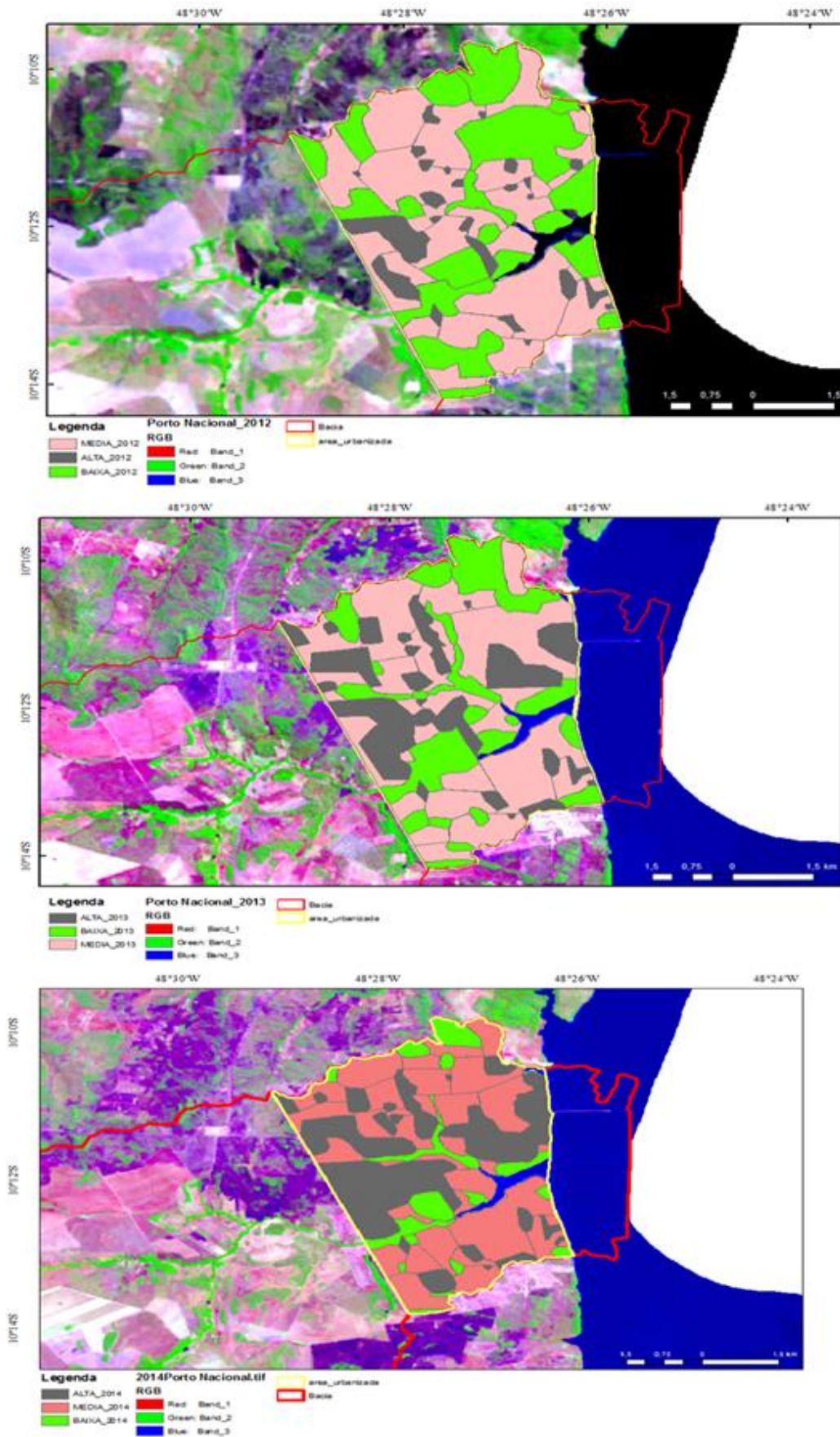


Fonte: Autor; 2017

Entretanto como demonstra o gráfico há um aumento do coeficiente de runoff isso se dá pelo o crescimento das áreas urbanas durante os anos em estudo, ou seja, ouve a substituição de cobertura do solo.

Como podemos observar a figura 18, está demonstrando a evolução dos polígonos de alta, média e baixa urbanização em seqüência dos anos de 2012, 2013 e 2014.

Figura 18 – Polígonos de Alta, Média e Baixa Urbanização referente dos anos 2012,2013 e 2014.



Fonte: Autor; 2017

#### 4.5 COMPORTAMENTO TENDENCIOSO DO COEFICIENTE

Devido às imagens de satélite dos anos 2015, 2016 e 2017 não serem disponíveis para realizar os procedimentos para a identificação do coeficiente de runoff atual, pode se encontrar esses resultados de uma maneira como a regressão linear como demonstra os cálculos abaixo:

$$Y = a + bx \quad (7)$$

Y = Variável explicada (dependente); é o valor que se quer atingir;

a = É uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;

b = É outra constante, que representa o declive (coeficiente angular) da reta;

x = Variável explicativa (independente), representa o fator explicativo na equação;

$$Y(15) = -1,12 + 0,112x15$$

$$Y(15) = 0,55$$

$$Y(16) = -1,12 + 0,112x16$$

$$Y(16) = 0,66$$

$$Y(17) = -1,12 + 0,112x17$$

$$Y(17) = 0,77$$

No entanto como mostra a tabela 7 após realizar a regressão linear pode se observar o aumento do coeficiente até o ano atual, esse aumento se dá pelo o crescimento da urbanização e a redução das matas cerrados que são as baixas urbanização, fazendo assim com que reduz a permeabilidade do solo e aumentando o escoamento superficial.

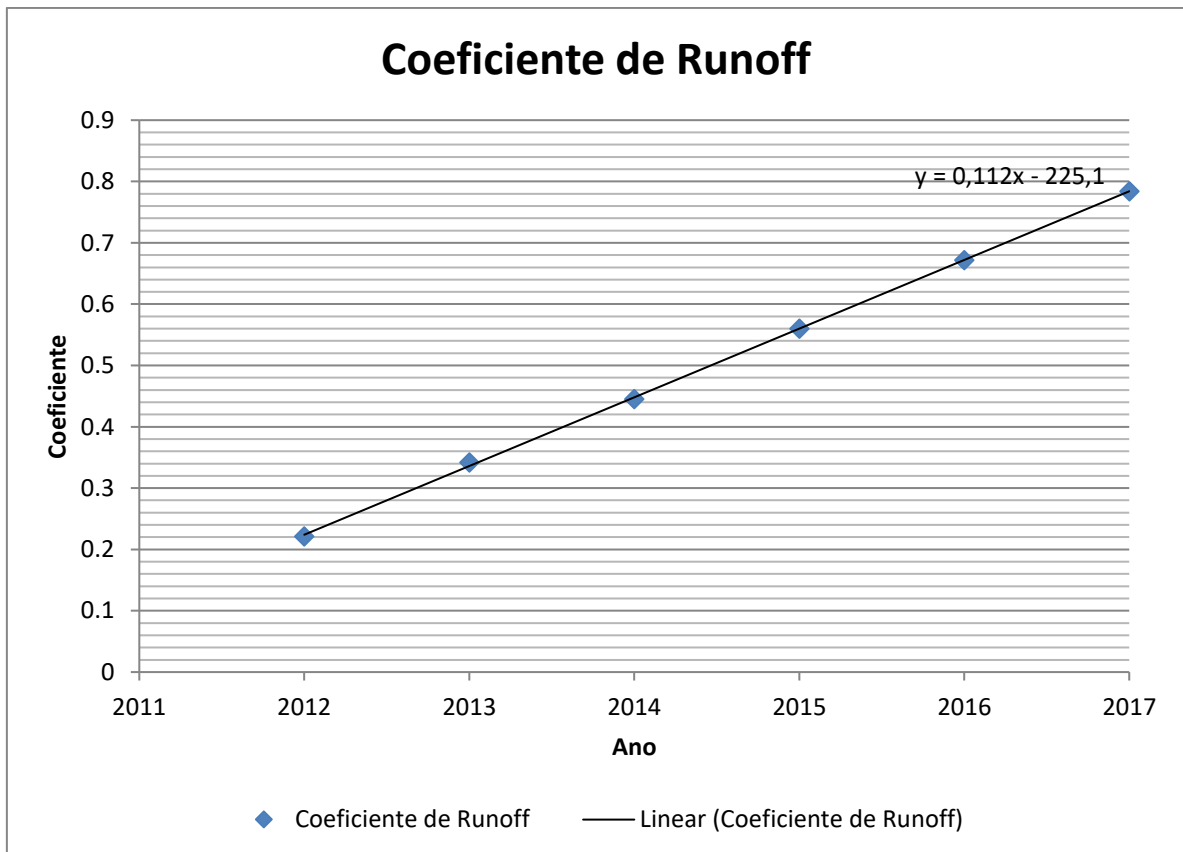
Tabela 7 – Aumento da área urbanizada em relação ao ano.

Ano	Coefficiente de Runoff
2012	0,22
2013	0,33
2014	0,44
2015	0,55
2016	0,66
2017	0,77

Fonte: Autor; 2017

Contudo após realizar os cálculos e demonstra esses valores no gráfico pode se observar que ocorreu o aumento do coeficiente de runoff até no ano atual, tendo assim uma taxa de variação de 11,12% ao ano.

Gráfico 2 – Evolução do Coeficiente de Runoff até o ano atual 2017



Fonte: Autor; 2017

## 5. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas na sub bacia do Ribeirão dos Mangues em Luzimangues no distrito de Porto Nacional, em Tocantins, ficou evidenciada que em função do aumento da alta urbanização dos anos de 2012, 2013 e 2014, ocorreu o aumento do Coeficiente de Runoff, que saiu de 0,22 do ano de 2012 para 0,44 do ano de 2014, caracterizando uma taxa anual de 8,56% do ano de 2012, 22,88% do ano de 2013 e 34,88% no ano de 2014, este aumento ele se dá pela a substituição da cobertura vegetal pela a impermeabilização do solo.

Ou seja, com o aumento do coeficiente de runoff, ouve uma redução da percolação de água no solo que caracteriza o aumento do escoamento superficial em função de uma maior lâmina de escoamento, sendo assim podendo provocar reflexos no sistema de drenagem da região em estudo.



## REFERÊNCIAS

Almeida, A. do P. **ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA ESTUDO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL – ESTUDO DE CASO QUADRA 604 SUL**. 2015.

BARBOSA, Francisco de Assis dos Reis. **Medidas de Proteção e Controle de Inundações Urbanas na Bacia do Rio Mamanguape/PB**. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss\\_franciscobarbosa.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_franciscobarbosa.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2017.

BRANDALIZE, Maria Cecília. Introdução ao ArcGIS. 2011. Disponível em: <<http://www.geomatica.ufpr.br/docentes/brandalize/Graduacao - Cartografia Digital - Aula 9.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2017.

CADORIN, Danielle Acco; MELLO, Nilvania Aparecida de. **Efeitos da Impermeabilização dos Solos sobre a arborização no município de Pato Branco-PR**. 2011. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/download/1238/840>>. Acesso em: 06 abr. 2017.

CAVALCANTE, Rodrigo. **Apostila de Introdução ao SIG**. 2015. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdução-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

ESQUEF, Israel Andrade; ALBUQUERQUE, M´arcio Portes de; ALBUQUERQUE, Marcelo Portes de. **Processamento Digital de Imagens**. 2003. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/cat/lpdsi/pdf/cap3webfinal.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

FINKLER, Raquel. **Unidade 1 Bacia Hidrográfica**. 2011. Disponível em: <[http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias\\_hidrograficas/planejamento\\_manejo\\_e\\_gestao\\_unidade\\_1.pdf](http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2017.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2017.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Os Satélites e Suas Aplicações**. 2008. Disponível em: <<http://www.sindct.org.br/files/satelites.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2017.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1988. 291 p.

GRECHIA, Luciano. **Dinâmica Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS**. 2011. Disponível em: <<https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/342/cursold:137>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

GROHMANN, Carlos Henrique; RICCOMINI, Claudio; STEINER, Samar dos Santos. **APLICAÇÕES DOS MODELOS DE ELEVAÇÃO SRTM EM GEOMORFOLOGIA**. 2008. Disponível em: <[http://carlosgrohmann.com/downloads/Grohmann\\_etal\\_2008\\_RGA.pdf](http://carlosgrohmann.com/downloads/Grohmann_etal_2008_RGA.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2017.

LABRE, L. T. R. **A CONTRIBUIÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA INTEGRADORA E DE ANÁLISE NO PLANEJAMENTO E GESTÃO URBANA DE PALMAS – TO**. 2015.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. **CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: Abordagens e Conceitos**. 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/Downloads/1461-5623-1-PB.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

MOREIRA, M. **Microdrenagem Urbana**. 2ª Edição. São Paulo: CEPAM, 2006. 68p.

NARDINI, R. C. **DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA DO RIBEIRÃO ÁGUA-FRIA, MUNICÍPIO DE BOFETE – SP**. 2013.

OLIVEIRA, M. C. A. **Aplicações das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para análise da mudança do uso do solo no entorno do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães em Luzimangues distrito de Porto Nacional – TO.** 2016.

PAZ, Adriano Rolim da. **HIDROLOGIA APLICADA.** 2004. Disponível em: <[http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila\\_HIDROLOGIA\\_APLICADA\\_UERGS.pdf](http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana.** 2006. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha\\_Drenagem.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha_Drenagem.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2017.

PORTO, Rubem La Laina; ZAHED FILHO, Kamel; SILVA, Ricardo Martins da. **Bacias Hidrográficas.** 1999. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwio75\\_MhrHTAhVDF5AKHYyAngQFggiMAA&url=http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=6777&usg=AFQjCNGjVxTGIBqGCWLzslKs-zless65AQ](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwio75_MhrHTAhVDF5AKHYyAngQFggiMAA&url=http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6777&usg=AFQjCNGjVxTGIBqGCWLzslKs-zless65AQ)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

PRUSKI, Fernando Falco; BRANDÃO, Viviane dos Santos; SILVA, Demetrius David da. **Escoamento Superficial.** 2. ed. Viçosa: Ufv, 2004. 87 p.

QUEIROZ, José Eustáquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens.** 2001. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2014.1/Rita-Tutorial-PDI.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

RIBEIRO, R. P. **Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da bacia do rio Capivari (SP): Escala 1:25.000 – Subsídio para o planejamento integrado.** 2002. 231f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia).

RENNÓ, Camilo Daleles; BORMA, Laura de Simone. **Processos Hidrológicos.** 2016. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~camilo/prochidr/>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

RUDORFF, Bernardo. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 2008. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/ndc/html/s24112008/Bernardo/Introducao\\_SR-s24112008.pdf](http://www.dgi.inpe.br/ndc/html/s24112008/Bernardo/Introducao_SR-s24112008.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SILVA, vanessa cecília benavides. **Iniciando no Arcgis**. 2010. disponível em: <<https://unibhgeografia.files.wordpress.com/2011/04/apostila-arcgis-prof-patricia.pdf>>. acesso em: 10 out. 2017.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja. **Apostila de hidrologia aplicada**. 2010. Disponível em: <[https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro\\_celimar.pdf](https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro_celimar.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2017.

TEIXEIRA, Manuel Alexandre Nunes. **Reposição da Permeabilidade dos Solos: Desafios para o Urbanismo Futuro**. 2005. Disponível em: <[https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11613/2/Texto integral.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11613/2/Texto%20integral.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2017.

TUNDIZINI, J.G. Recursos Hídricos no Futuro: Problemas e Soluções. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, 2008.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Universidade /ufrgs, 2000. 943 p.