



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

Paulo Mota de Araújo

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE
MICRODRENAGEM PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Palmas – TO

2019

Paulo Mota de Araújo

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE
MICRODRENAGEM PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II 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. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Palmas – TO

2019

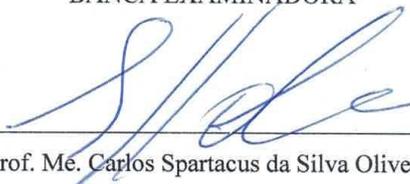
Paulo Mota de Araújo
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE
MICRODRENAGEM PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II 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. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Aprovado em: 29 / 05 / 2019

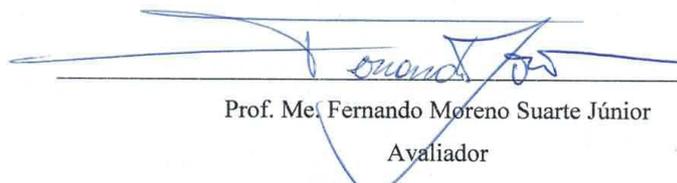
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Orientador

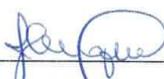
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Dra. Jacqueline Henrique

Avaliadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me concedeu saúde e tudo o que foi necessário durante essa jornada. Em segundo lugar a minha mãe, Ana Mota, que sempre me apoiou e minha irmã, Mariana Mota, que me ajudou durante todo esse tempo.

Não posso esquecer de honrar minha tia Belisa e meu primo Pablo que também foram muito importantes.

Agradeço ainda a minha amiga Laís que esteve sempre comigo me encorajando.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Me. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

Ao meu pai fica toda minha gratidão pois, sem ele eu nunca teria chegado até aqui e jamais irei esquecer o quanto ele me incentivou e sonhou junto comigo, que ele lá do céu possa se alegrar junto comigo.

RESUMO

ARAÚJO, Paulo Mota. **Análise da eficiência de métodos não convencionais de microdrenagem para redução do escoamento superficial em Palmas – TO.** Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Um dos maiores problemas nas grandes cidades são as enchentes e alagamento que tomam conta das ruas em épocas de chuvas e este presente trabalho empenha-se em propor métodos sustentáveis de microdrenagem para ajudar na redução deste problema e analisar sua eficiência. Pois, as enchentes e inundações trazem consigo não só o desconforto como também age com um veículo hídrico de agentes capaz de contaminar ou gerar doenças e podem ainda gerar prejuízos econômicos para toda população. Para encontrar soluções para esse problema foi desenvolvida uma pesquisa teórica dando ênfase a importância que se deve ser dado ao planejamento da drenagem urbana em conjunto com o planejamento dos planos diretores da cidade, salientando a diferença entre o sistema clássico de drenagem urbana e os sistemas não convencionais que são aqueles que promovem a infiltração da água no solo. Para se quantificar a eficiência dos dispositivos de microdrenagem não convencionais foi realizado um estudo hidrológico, para isso se determinou uma área de estudo e quantificou se o volume de escoamento superficial gerado pela área e em seguida foi proposto os dispositivos pavimento permeável, poço de infiltração, cisterna e a quantificando o quanto de escoamento poderia ser evitado por cada um e chegou-se a resultados excelentes. O pavimento permeável apresentou 96% de eficiência, enquanto a cisterna e o poço de infiltração com valores ligeiramente maiores que 60%. Portanto, a eficiência desses dispositivos em Palmas – TO são excelentes, sobretudo devido à alta capacidade de infiltração do solo.

Palavras-chave: drenagem urbana, escoamento superficial, métodos não convencionais de microdrenagem.

RESUMO

Araujo, Paulo Mota. Analysis of the efficiency of unconventional methods of micro to reduce runoff in Palmas - TO. Course completion work (graduation) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas/, 2019.

One of the biggest problems in big cities are flooding and flooding that take to the streets in times of heavy rains and this present work strives to propose sustainable methods of micro to help in reducing this problem and analyze its efficiency. Because, floods and floods brings with it not only the discomfort as also acts as a water vehicle of agents capable of contaminating or generate diseases and can also generate economic losses for the entire population. To find solutions to this problem was developed a theoretical research emphasizing the importance that should be given to the planning of the urban drainage system in conjunction with the planning of master plans of the city, highlighted the difference between the classic urban drainage system and the non-conventional system that are those that promote water infiltration in the soil. To quantify the effectiveness of non-conventional micro devices was conducted a hydrological study, for this determined a study area and quantified if the volume of runoff generated by area and was then proposed the devices pavement permeable, well of infiltration, cistern and quantifying the amount of runoff could be using with each one and it was excellent results. The pavement permeable presented 96% efficiency, while the tank and the pit of infiltration with values slightly higher than 60%. Therefore, the efficiency of these devices in Palmas - TO are excellent mainly due to high infiltration capacity of the soil.

Keywords: urban drainage, runoff, unconventional methods of micro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Hidrogama de área urbanizada x não urbanizada.	16
Figura 2 : Típica evolução da drenagem	17
Figura 3: Concentração de sedimentos durante a urbanização de uma bacia (Dawdy, 1967) .	18
Figura 4: Efeitos da urbanização nos processos hidrológicos	19
Figura 5 Ciclo Hidrológico.....	21
Figura 6 Bacia Hidrográfica e seus elementos	22
Figura 7 Hidrograma de uma bacia hidrográfica após precipitação	23
Figura 8 Curva de idf.....	26
Figura 9 Valores de C por tipo de ocupação (adaptado: ASCE, 1969).....	30
Figura 10 : Valores de C de acordo com superfícies de revestimento (ASCE, 1969).....	30
Figura 11 Bio-retenção	34
Figura 12 Na figura vemos uma faixa filtrante e uma vala gramada respectivamente	34
Figura 13 Cisterna e barril respectivamente	35
Figura 14 Área de estudo para aplicação de métodos não convencionais de microdrenagem .	37
Figura 15 Coeficiente de infiltração de acordo com o tipo de solo (CIRIA, 1996)	38
Figura 16 Pavimento permeável com infiltração total no solo.....	39
Figura 17 Pavimento permeável sem infiltração no solo	39
Figura 18 Pavimento permeável com infiltração parcial no solo	39
Figura 19 Porosidade efetiva para materiais típicos (Urbonas e Stahre, 1993).....	40
Figura 20 Fatores de segurança para o coeficiente de infiltração (CIRIA, 1996).	41
Figura 21 Esquema básico de um poço de infiltração	43
Figura 22 Área de estudo dividida em duas bacias, adaptado do Google Earth Pro (2019). ...	44
Figura 23 Divisão da área por superfícies, adaptado do Google Earth Pro (2019).	44
Figura 24 Hidrograma do Método Racional utilizado em Mahove County (Tomaz, 2010). ...	45

LISTE DE TABELAS

Tabela 1: Precipitações máximas para seus respectivos períodos de retorno definidos.....	26
Tabela 2: Divisão do sistema de drenagem.	31
Tabela 3 Vazão gerada por cada área	45
Tabela 4 Volume de escoamento superficial gerado por área	46
Tabela 5 Redução do escoamento superficial com uso de cisterna.....	47
Tabela 6 Redução no escoamento superficial com uso de poço de infiltração	47
Tabela 7 Eficiência de cada dispositivo na redução do escoamento	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEULP	Centro Universitário Luterano De Palmas
CN	Número de Curva
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística
IMP	Integrated Management Practices
LID	Low Impact Development
PMSB	Plano Municipal De Saneamento Básico
SCS	Soil Conservation Service
TO	Tocantins

LISTA DE SÍMBOLOS

h	Horas
km ²	Quilômetros quadrados
m	Metros
m ²	Metros quadrados
mm	Milímetros
mm/h	milímetro por hora
m/h	metro por hora
m ³ /s	metro cúbico por segundo

SUMÁRIO

SUMÁRIO	10
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	13
1.2.2 <i>Objetivo específico</i>	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 IMPACTOS CAUSADOS PELA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA.....	15
2.1.1 <i>Processo de urbanização causas e seus efeitos na drenagem urbana</i>	15
2.1.2 <i>Aumento do escoamento superficial</i>	15
2.1.3 <i>Produção de sedimentos em maior escala</i>	17
2.1.4 <i>Impactos nos recursos hídricos</i>	18
2.2 PLANEJAMENTO URBANO E A DRENAGEM.....	20
2.3 HIDROLOGIA URBANA	21
2.3.1 <i>Ciclo Hidrológico</i>	21
2.3.2 <i>Bacia Hidrográfica</i>	22
2.3.3 <i>Classificação das Bacias Urbanas</i>	24
2.3.4 <i>Chuva De Projeto</i>	25
2.3.5 <i>Vazão de Projeto para Microdrenagem: Método Racional</i>	28
2.4 OBRAS DE DRENAGEM E MEDIDAS DE CONTROLE ALTERNATIVAS	31
2.4.1 <i>ESTRUTURAS CLÁSSICAS DA DRENAGEM</i>	32
2.4.2 <i>Medidas não convencionais de drenagem urbana</i>	33
3 METODOLOGIA	36
3.1 ÁREA DE PROJETO	37
3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO.....	37
3.3 CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO E COEFICIENTE DE FLÚVIO	38
4 APLICAÇÃO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA	38
4.1 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	38
4.2 POÇOS E TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO	41
4.3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	43
4.4 PRÁTICAS APLICÁVEIS PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL ...	46
4.4.1 <i>Cisterna</i>	46

<i>4.4.2 Poço de infiltração</i>	47
<i>4.4.3 Pavimento permeável</i>	48
5 RESULTADOS E DISCURSSÕES	48
6 CONCLUSÃO	49
7 REFERÊNCIAS	51
8 ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

As primeiras necessidades que os seres humanos tiveram de construir mecanismos que impedissem as águas de destruírem suas estruturas foram quando trocaram uma vida nômade para o sedentarismo, que procuravam em grande parte habitar próximo a um corpo hídrico para facilitar suas atividades.

Com o desenvolvimento das civilizações e o crescimento das primeiras cidades foi se cada vez mais havendo a necessidade de desenvolver técnicas e dispositivos para manejar e direcionar a água. Na metade do século XIX em diante pode-se notar um aumento muito significativo na população urbana o que proporcionou grandes consequências.

As águas das chuvas que até então não representavam grandes problemas começaram a se tornar um, pois com a urbanização o solo passou a ser cada vez mais impermeabilizado e as precipitações das chuvas que até então infiltravam no solo passou a escoar sobre ele dando início as primeiras enchentes e inundações, nas áreas urbanas, devido à interferência no ciclo hidrológico urbano.

Tal circunstância enfrentada pela população não é apenas inconveniente mais também, problemáticas, pois, junto a ela pode trazer riscos à saúde uma vez que a água da chuva pode transportar agentes causadores de doenças e espalhar sujeiras pela cidade, para isso um bom sistema de drenagem e saneamento é indispensável.

Para solucionar esse problema o modelo de drenagem clássico sempre propôs o escoamento o mais rápido possível dessas águas através de canalização, porém isto sozinho não se mostrou o suficiente para sanar o problema, principalmente em cidades como em Palmas – TO localizada no cerrado onde as chuvas são intensas e de curta duração. Atualmente os métodos não convencionais e sustentáveis vêm ganhando mais força esses que vem não para substituir o clássico, mas, sim para complementar o já existente.

Os conceitos inovadores promovem o retardamento dos escoamentos, de forma a aumentar o tempo de concentração, por meio de retenção em reservatórios, melhorias das condições de infiltração ou em tanques de contenção. (CANHOLLI, 2005).

As práticas sustentáveis de microdrenagem são promissoras e reduzem a vazão já na fonte e diminuem os riscos de enchentes, entretanto nem sempre é possível implementar tais práticas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A problemática abordada neste trabalho tem como foco principal a discussão sobre a eficiência dos métodos não convencionais de microdrenagem para minimizar o escoamento superficial urbano em Palmas, e assim diminuir os alagamentos frequentes na cidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar e quantificar a eficiência dos métodos de microdrenagem urbana não convencionais, que servem como alternativas ou complemento para as práticas tradicionais.

1.2.2 Objetivo específico

- Discriminar a relação entre drenagem urbana e o planejamento urbano;
- Descrever o ciclo hidrológico no meio urbano;
- Caracterizar os dispositivos de drenagem clássica e os novos modelos;
- Apresentar e fazer aplicação do uso de microdrenagem sustentável, em uma área de estudo em Palmas – TO, analisando a eficiência para as características da área de estudo.

1.3 JUSTIFICATIVA

O Brasil sofre com sérios problemas de saneamentos não é de hoje e, contudo o cenário pouco parece mudar e o descaso com esse tema é um dos seus entraves, pois, as autoridades e governantes dão pouca pauta a isso, apenas sendo diferente mediante aos grandes desastres e tomando apenas medidas corretivas e não preventivas.

A cidade de Palmas – TO situada no cerrado brasileiro é mais uma que padece ano após ano com problemas de enchentes e inundações. Em Palmas as chuvas são intensas e de pouca duração, típicas de chuvas na região do cerrado, o que propicia ainda mais os alagamentos, uma vez que dificulta o trabalho do sistema de drenagem devido ao grande escoamento em pouco tempo, gerando uma alta vazão que influencia diretamente no tempo de concentração.

O sistema de drenagem clássico tem como principal objetivo transportar o mais rápido possível às águas pluviais coletadas pelo sistema para o corpo hídrico que recebe o lançamento final, porém devido ao curto tempo de concentração o sistema acaba sendo saturado. As novas práticas de drenagem não convencionais propõem a redução de vazão na fonte ou seu retardamento para aumentar o tempo de concentração nas bacias e assim contribuir para que sistema convencional não seja estrangulado.

Portanto, as práticas sustentáveis de microdrenagem urbana somadas com o sistema de drenagem clássico têm mais êxito se trabalharem juntas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPACTOS CAUSADOS PELA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA

2.1.1 Processo de urbanização causas e seus efeitos na drenagem urbana

A urbanização se acelerou mais rapidamente após a primeira revolução industrial ocorrida primeiro na Inglaterra ao final do século XVIII, mas, só perto de meados do século XIX esse processo se acelerou, por outros países, impulsionando a urbanização.

Com o crescimento das grandes cidades caracterizando o processo de desenvolvimento urbano, apesar de muito benéfico, trouxe para sociedade outros problemas que ainda não haviam sido experimentos em larga escala, como é o caso dos impactos desse processo sobre a drenagem urbana.

Segundo Tucci (2005), o desenvolvimento urbano se agravou a partir da segunda metade do século XX, impactando o ecossistema terrestre e aquático e a própria população através das inundações, doenças e perda de qualidade de vida. Este processo ocorreu devido à falta de controle e planejamento da ocupação do espaço urbano que está intimamente ligada à infraestrutura.

2.1.2 Aumento do escoamento superficial

Quando uma região é ocupada por construções seja para fins de moradia, comércio, ou outro propósito urbano, as consequências hidrológicas imediatas são a perda da capacidade de infiltração e o aumento da velocidade de transmissão da água nos canais ou condutos (LEOPOLD, 1968; RANTZ, 1971 In DUNNE E LEOPOLD, 1978).

O comportamento do escoamento superficial é diretamente afetado pelo uso e ocupação do solo em decorrência do processo de urbanização de uma bacia, uma vez feita à impermeabilização do solo os picos de vazões irão aumentar. Portanto, a ocorrência de enchentes e inundações são impactos esperados em áreas urbanas saturadas.

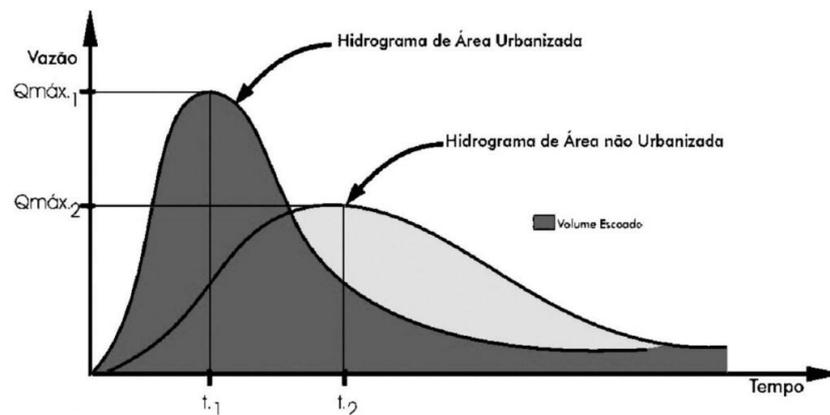
Para Tucci (1905), as enchentes urbanas constituem-se num dos importantes impactos sobre a sociedade. Esses impactos podem ocorrer devido à urbanização ou a inundação natural ribeirinha.

Em uma bacia hidrográfica natural, o escoamento da água é retido pela vegetação que por sua vez infiltra no solo e a parcela restante segue o fluxo acompanhando o terreno natural, produzindo assim um hidrograma com variação lenta e picos moderados.

Por meio do desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através dos telhados, pavimentos e áreas construídas em geral. Desta maneira o escoamento superficial aumenta proporcional a área impermeabilizada e a água que outrora infiltrava passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções. Os efeitos principais da

urbanização são o aumento do volume máximo, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial. (Tucci, 1995).

Figura 1 : Hidrograma de área urbanizada x não urbanizada.

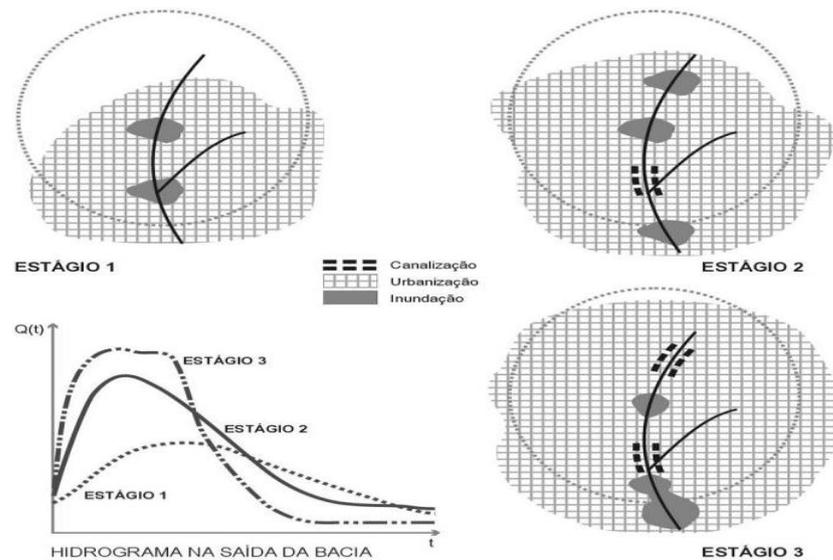


Fonte: UFMG, 2008.

A figura 1 mostra a diferença de volume escoado e pico de vazão comparando uma área antes e depois de sua urbanização, como dita a cima é notável que após a urbanização o volume escoado seja muito maior, bem como o tempo de pico ocorre bem mais rapidamente para locais urbanizados, tendo assim uma maior vazão.

Na Figura 2 são representadas as etapas de evolução da drenagem urbana. No primeiro estágio, onde a urbanização ainda se encontra em fase inicial a vazão da bacia é bem inferior em relação aos próximos estágios, onde a urbanização é intensa e a drenagem já passou por processos de canalização e as áreas de inundações são maiores.

Nesse sentido Tucci (2008), explica que: o avanço da urbanização e o crescimento das canalizações implicam em maiores vazões iniciais de escoamento (indutoras de assoreamento), seguida da perda da capacidade de drenagem da bacia.

Figura 2 : Típica evolução da drenagem

Fonte: UFMG, 2008.

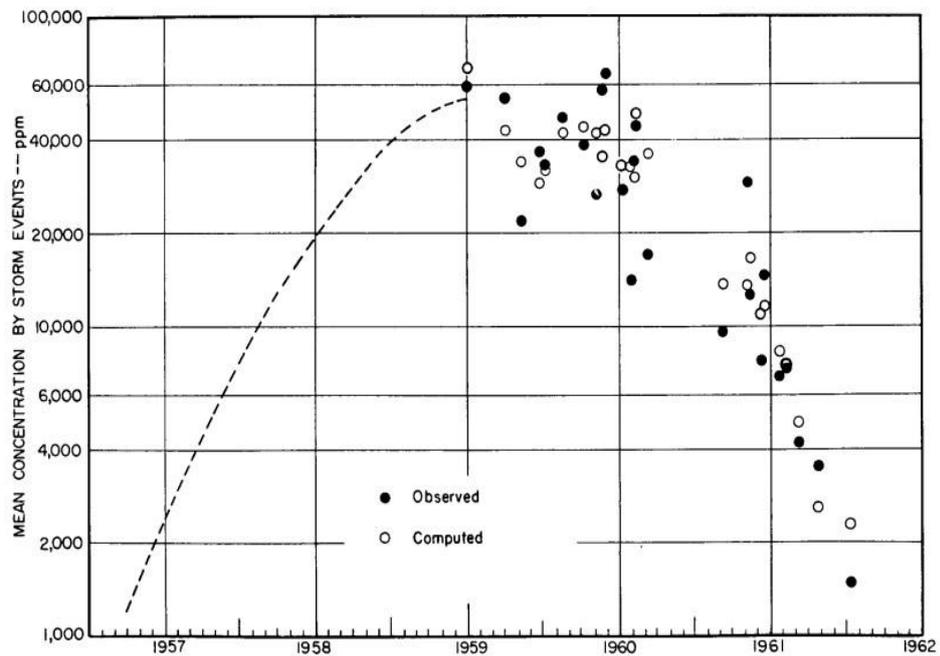
2.1.3 Produção de sedimentos em maior escala

Além do aumento da vazão máxima, devido à impermeabilização da superfície, Tucci e Collischon (2000) indicam também que há ocorrência do aumento da produção de sedimentos por motivo da vulnerabilidade das superfícies e a produção de lixo e a baixa na qualidade da água, devido à lavagem de calçadas, vias, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto.

Os sedimentos minimizam a redução da capacidade de escoamento, pois, provoca o assoreamento dos condutos, canais e também os corpos hídricos receptores. Grande parte dos sedimentos é de origem de áreas particulares, todavia quando chega ao corpo hídrico receptor ou canal se tornam um problema de ordem pública.

Ao longo do desenvolvimento urbano, os sedimentos são produzidos em maior escala mediante as atividades como as construções, limpezas de terrenos para novos loteamentos, pavimentações de ruas, avenidas e rodovias. Dawdy (1967) relata a variação do aumento da produção de sedimentos de uma determinada bacia, ao longo do seu desenvolvimento urbano (figura 3), situada em Maryland nos Estados Unidos, que se constatou que a produção de sedimentos atingiu um valor de 50 vezes mais que a produção ordinária e se deu no mesmo período de maior urbanização da bacia.

Figura 3: Concentração de sedimentos durante a urbanização de uma bacia (Dawdy, 1967)

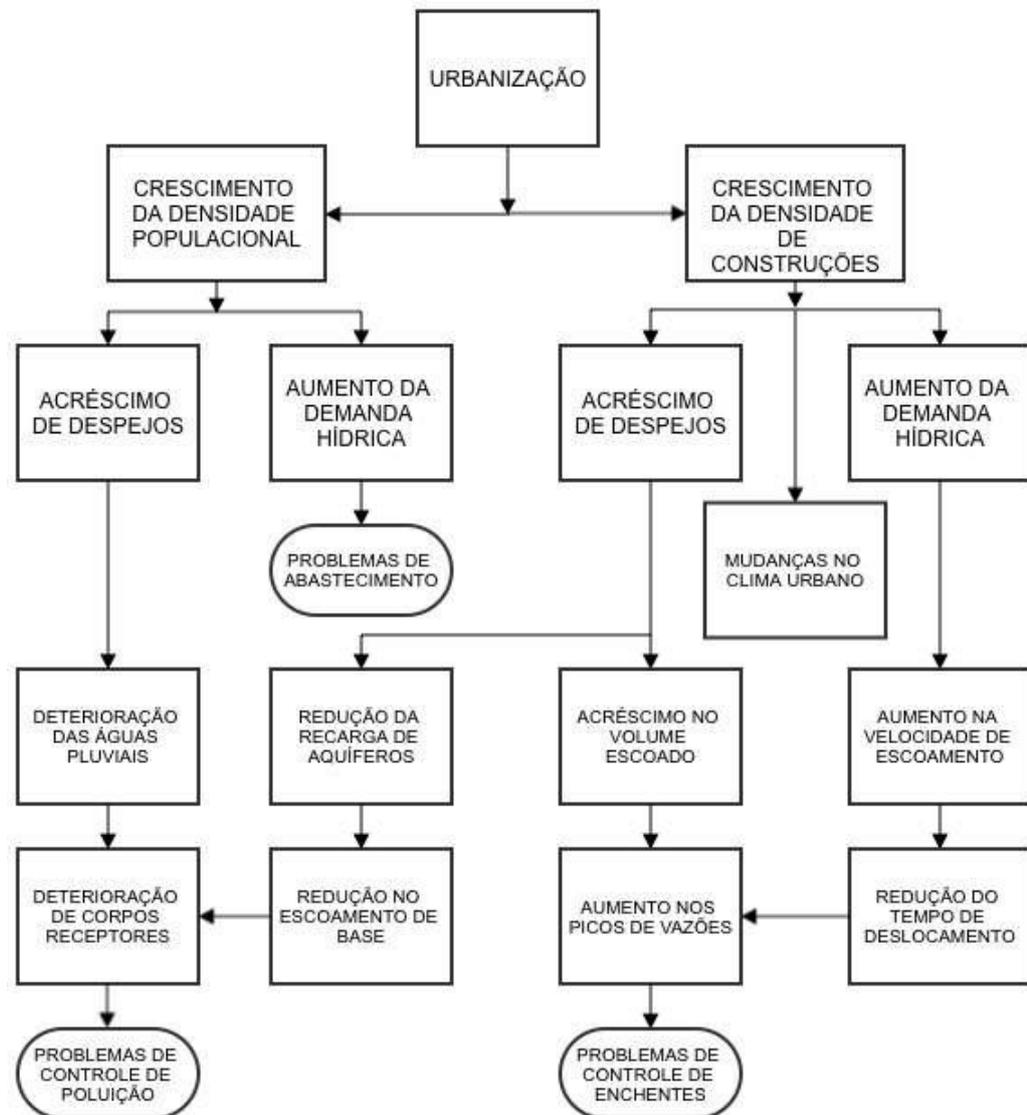


Tucci e Collischonn (2000) Os sedimentos reduzem a eficiência, dos dispositivos estruturais, de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais presente no meio urbano. Portanto, a solução cabível é a dragagem do material sólido presente nos canais.

2.1.4 Impactos nos recursos hídricos

Outro problema que é possível notar é que os rios apresentam uma menor vazão, durante o período de seca, quando estes seriam abastecidos pelos aquíferos, que por sua vez passam a ser menos recarregados (TUCCI e MARQUES, 2000). A Figura 4 ilustra as consequências da urbanização sobre os recursos hídricos.

Figura 4: Efeitos da urbanização nos processos hidrológicos



Fonte: Hall, M. J. Urban Hydrology. London and New York : Elsevier Applied Science Publisher, 1986.

O processo de urbanização implicou em diversas consequências no que diz respeito aos recursos hídricos, segundo TUCCI e BERTONI, 2003, destacam-se:

- A contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos por efluentes urbanos como esgoto doméstico, pluvial e resíduos sólidos;
- Inadequada disposição de esgotos, águas pluviais e resíduos sólidos;
- Intensificação de processos erosivos e de sedimentação, gerando áreas degradadas;
- Ocupação de áreas ribeirinhas com elevado risco de inundação e áreas com grandes declividades, como morros, propensas a deslizamentos após períodos chuvosos.

2.2 PLANEJAMENTO URBANO E A DRENAGEM

VILLANÇA (2010) divide o planejamento urbano em três períodos, o primeiro começando no final do século XIX indo até 1930. O segundo a partir de 1930 até a metade de 1992, quando então se inicia o terceiro período.

O primeiro período usava-se de um artifício de tornar as cidades mais belas. O segundo período inicia na década de 1930, é marcado por um planejamento mais técnico e com embasamentos científicos (VILLAÇA, 2010).

O terceiro período, que teve seu início em 1992, é lembrado pela reação ao segundo período, tornando-se algo mais políticos, esse período vigorou até 2001 até o período atual que propõe a elaboração de um Plano Diretor Municipal de forma integrada e participativa.

Segundo IBGE (2010) Plano Diretor Urbano fornece o ordenamento básico da estrutura territorial urbana é obrigatório somente para as cidades com mais de 20 mil habitantes. Porém existem em apenas 20% dos municípios de 20 mil a 50 mil habitantes e em 48% dos municípios de 50 mil a 100 mil habitantes. Dos 5.507 municípios brasileiro, 4.640 municípios não possuem PDU, contra 840 que têm representando (15,3%). O que torna mais preocupante ainda é que a maioria que possui PDU abordam apenas aspectos arquitetônicos e urbanistas, deixando de lado efeitos ambientais principalmente sobre o sistema de drenagem.

Em algumas das práticas urbanísticas que se encontram pelo país, notou-se o uso de avenidas de fundos de vale associadas à canalização dos riachos urbanos. Tal prática maximiza os impactos citados e altera o ambiente de forma inadequada. Soluções dessa espécie têm um custo geralmente muito superior ao de uma solução sustentável, além de promover os prejuízos devido às inundações, erosão e qualidade da água (Tucci e Cruz, 2008).

A mudança deste cenário passa por uma alteração no padrão que vem sendo desenvolvido e precisa ser feito de forma integrada, integrando os elementos, planejamento urbano e uso do solo; esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana. (Tucci e Cruz, 2008).

O planejamento da drenagem urbana é recente no Brasil, por exemplo, o Plano Diretor De Drenagem Urbana (PDDrU), que vale destacar os PDDrU de Porto Alegre (RS), Belo Horizonte (MG) e região metropolitana de Curitiba (PR), Porto Alegre conseguiu uma regulamentação que controla, em novos loteamentos, o aumento da vazão preexistente (Tucci e Cruz, 2008).

O PDDrU tem início com base em um diagnóstico do comportamento da drenagem urbana em cada bacia hidrográfica que estejam sujeitas a possível ocupação atual e futura e

propõe medidas estruturais e não-estruturais para controle do escoamento superficial (IPH, 2002).

Para Tucci (2002), o planejamento de um PPDrU abrange os itens:

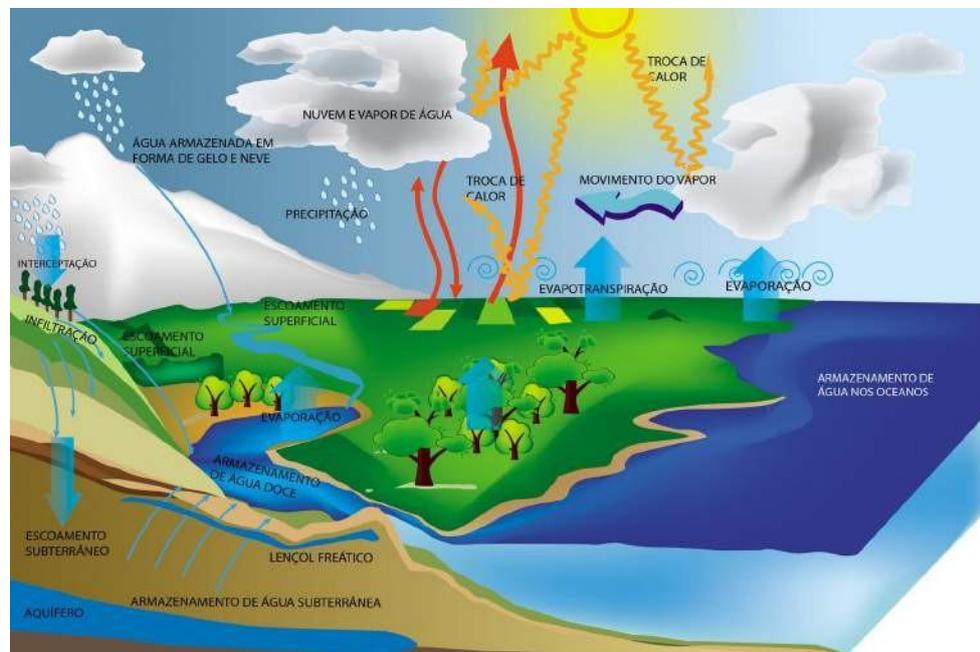
- Planejamento da distribuição da água, com respaldo no tipo de ocupação urbana, para que o progresso seja estruturado em associação com a infraestrutura necessária para evitar perdas;
- Gerência sobre ocupação a margens de cursos d'água, colocando limitação de ocupação em locais onde haja um alto risco;

2.3 HIDROLOGIA URBANA

2.3.1 Ciclo Hidrológico

É o fenômeno global de circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, regida pela ação do sol em conjunto com a gravidade e à rotação terrestre. Este conceito está atrelado à movimentação e à transição de água em seus distintos estados físicos, que se realizam na Hidrosfera, entre os mares, oceanos, calotas de gelo, aquíferos e lençóis subterrâneos e a atmosfera. A Figura (5) a baixo ilustra essa interação.

Figura 5 Ciclo Hidrológico



SILVEIRA, 2002, define os elementos mais recorrentes neste ciclo:

- **Precipitação:** é o resultando da condensação de água atmosférica que é atraída para a superfície terrestre pela gravidade.
- **Intercepção:** é a parcela do volume precipitado que, devido à cobertura vegetal ou construções antrópicas, deixa de atingir o solo.

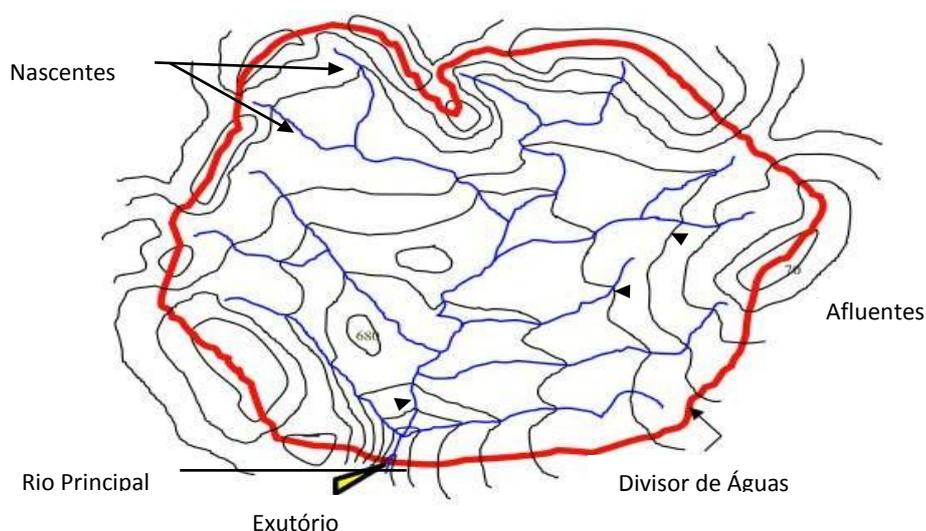
- **Evaporação** é a parcela de água que devido às ações de fatores climáticos como radiação solar, período de insolação, temperatura do ar, umidade relativa, perfil de velocidade do vento e pressão atmosférica, retornam a atmosfera na forma de vapor.
- **Evapotranspiração:** é o conjunto evaporação e transpiração, sendo esta última um fenômeno biológico que depende da vegetação e umidade do solo.
- **Infiltração:** é a parcela do volume precipitado que, ao atingir a superfície, promove a recarga da umidade do solo, penetrando a sua zona não saturada.
- **Escoamento superficial:** é o excesso não infiltrado da precipitação que atinge o solo, percorrendo-o em direção a cotas mais baixas, após vencer o atrito com esta superfície.

2.3.2 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica tem por definição ser uma área de captação natural da água das chuvas e faz com que, a parcela que esco superficialmente, seja conduzida até confluir o escoamento para o ponto de saída. É formada por uma superfície que apresenta topografia que direciona o escoamento e por uma rede de drenagem constituída por corpos hídricos que convergem até resultar num leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

A bacia hidrográfica pode ser vista como um ente sistêmico. Por meio dela se verifica o balanço entra a parte da água precipitada e a que esco até a saída da bacia pelo exutório, sendo assim possível que possa ser delimitado bacias e sub-bacias, cuja interconexão ocorrem por meio dos sistemas hídricos. A figura a seguir mostra uma bacia e seus componentes.

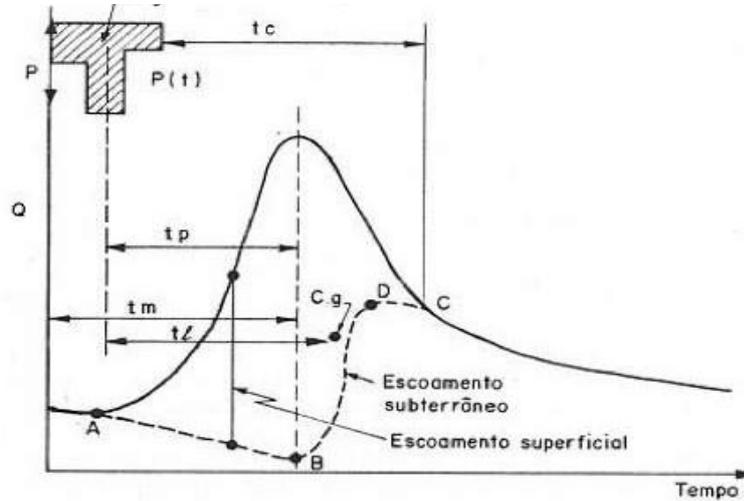
Figura 6 Bacia Hidrográfica e seus elementos



O gráfico que faz a relação entre a vazão pelo tempo é chamado de hidrograma, possui propriedades típicas. Das quais se destacam a área da bacia, relevo, declividade e

comprimento do rio principal, densidade de drenagem, e uso e ocupação do solo. A Figura 6 apresenta um hidrograma típico.

Figura 7 Hidrograma de uma bacia hidrográfica após precipitação



No início do hidrograma podemos ver que há um certo tempo para que a vazão possa começar a aumentar isso se deve a primeira parte da precipitação que sofre perdas por consequência de interceptação vegetal, depressões topográficas do terreno, saturação do solo, e do tempo de deslocamento dentro da bacia. O intervalo que compreende o início do crescimento da vazão até a vazão máxima é constituído em grande parte pela parcela de contribuição do escoamento superficial. Através do mesmo intervalo é possível inferir uma baixa na parcela de contribuição do escoamento subterrâneo devido a saturação do solo e a elevação do nível do lençol freático.

Os elementos que constituem um hidrograma são:

- **O tempo de concentração** é definido como o intervalo de tempo que a água precipitada no ponto mais distante do exutório da bacia contribua para vazão no exutório.
- **O tempo entre picos** é definido como o intervalo entre o pico da chuva efetiva e o pico da vazão superficial.
- **O tempo de retardo** é definido como o intervalo de tempo entre os centros de gravidade da precipitação e do hidrograma.
- **O tempo de pico** é definido como o intervalo de tempo entre o centro de massa da precipitação efetiva e o pico do hidrograma.

- **Tempo de base – T_b :** é o tempo entre o início da precipitação e o tempo em que a precipitação termina de escoar pela superfície, voltando as condições de antes de ocorrer a precipitação.
- **Tempo de recessão – T_e :** é o tempo que leva para que a vazão possa baixar até o ponto C, quando finaliza o escoamento superficial oriundo da precipitação.
- **Tempo de ascensão – T_m :** é o intervalo de tempo compreendido a partir do começo da precipitação até a vazão máxima do hidrograma.

2.3.3 Classificação das Bacias Urbanas

De modo geral, as bacias urbanas possuem pequeno e médio porte e, de acordo com a variância natural do comportamento hidrológico da bacia, essa definição entre uma e outra pode ficar imprecisa e pouco objetiva. Uma classificação muito utilizada classifica bacias pequenas como sendo aquelas que possuem um tempo de concentração menor que 1 hora e/ou área de drenagem inferior a 2,5 km². Quando se trata de bacias de grande porte podemos classificar como tendo um tempo de concentração maior que 12 horas e/ou área de drenagem superior a 1.000 km², dessa maneira se deduz que as bacias de médio porte encontram-se entre o intervalo das bacias de médio e grande porte.

Em bacias totalmente urbanizadas, a ocupação de área próxima às margens e várzeas dos corpos hídricos está consolidada tornando assim inviáveis ações que busquem minimizar impactos ecológicos na área. Desta maneira, para reduzir os picos de vazão tem-se um foco em ações que as intervenções sejam a montante do trecho. Estas soluções devem focar em minimizar enchentes por meio do aumento da infiltração, da precipitação, que atinge a superfície do solo (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Todavia, este presente trabalho propõe ações a serem executadas diretamente na bacia urbanizada e não em trechos a montantes, pois, muito embora ações implementadas a montante da área urbanizada minimize o volume de água que escoar até este trecho, não influencia de modo significativamente, nos trechos que se encontram a jusante da área urbanizada, que por sua vez continuariam a receber contribuição da área impermeabilizada.

O método racional é usado em bacias pequenas, pois neste método é possível englobar todos os processos em somente uma variável o coeficiente de escoamento “C”. Para bacias de médio porte é comum fazer uso de técnicas baseadas na teoria do Hidrograma Unitário, pois, por meio dele pode-se considerar a variação pluviométrica.

No que se refere ao Município de Palmas onde se realizará o estudo, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO (2014) afirma que, o município de Palmas é drenado por duas bacias que são Bacia do Rio Tocantins e Bacia do Rio Balsas, que desagua

a jusante no rio Tocantins, porém se tratando da drenagem da área urbana é realizada pelos afluentes do rio Tocantins. Os principais corpos hídricos que cortam a cidade são Córrego Água Fria, Córrego Sussuapara, Córrego Brejo Comprido, Córrego do Prata, Taquaruçu Grande e Taquari, na região sul ainda se encontram os córregos Cipó e Pé do Morro, já no distrito de Taquaruçu o córrego do Roncador é o principal curso d'água do distrito.

2.3.4 Chuva De Projeto

Dos tipos de precipitações que ocorrem naturalmente a precipitações pluviométricas é aquela que mais causa impacto na rede de drenagem urbana, devido sua variação de intensidade e duração apresentando grande volume de água.

Segundo Tucci (2004), para elaboração de projetos de hidráulicos, como por exemplo canais, coletores de drenagem urbana, galerias e bueiros, dentre outros, é preciso conhecer as três grandezas que estão intimamente ligadas as precipitações máximas: são elas intensidade, duração e frequência das chuvas.

A avaliação hidrológica para se quantificar as chuvas intensas e então o escoamento superficial nas principais bacias urbanas de Palmas foram de suma importância nos estudo para o PDDA – (Plano Diretor de Drenagem Pluvial). Desta forma se determinou a equação de intensidade-duração-frequência para a capital cidade do Tocantins, além da modelagem matemática de transformação de chuva-vazão para se obter a vazão de projetos. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO 2014),

Em Palmas, o regime chuvoso é bem definido, no período de outubro a abril, as chuvas são intensas sendo ordinariamente maior que 80 mm/24h e se repete quase diariamente, possui um índice de 1600 mm/ano, com maior a parte acontecendo em três meses. Já no período de abril a outubro, as chuvas sofrem uma redução drástica, sendo quase inexistente entre julho e agosto.

Por meio dos estudos desenvolvidos para elaboração do PDDA se chegou a equação idf, para Palmas, que foi seguinte:

$$i = \frac{749,97 * Tr^{0,104}}{(Td + 9)^{0,704}}$$

Onde:

i= intensidade da precipitação (mm/h)

Tr= Tempo de retorno adotado

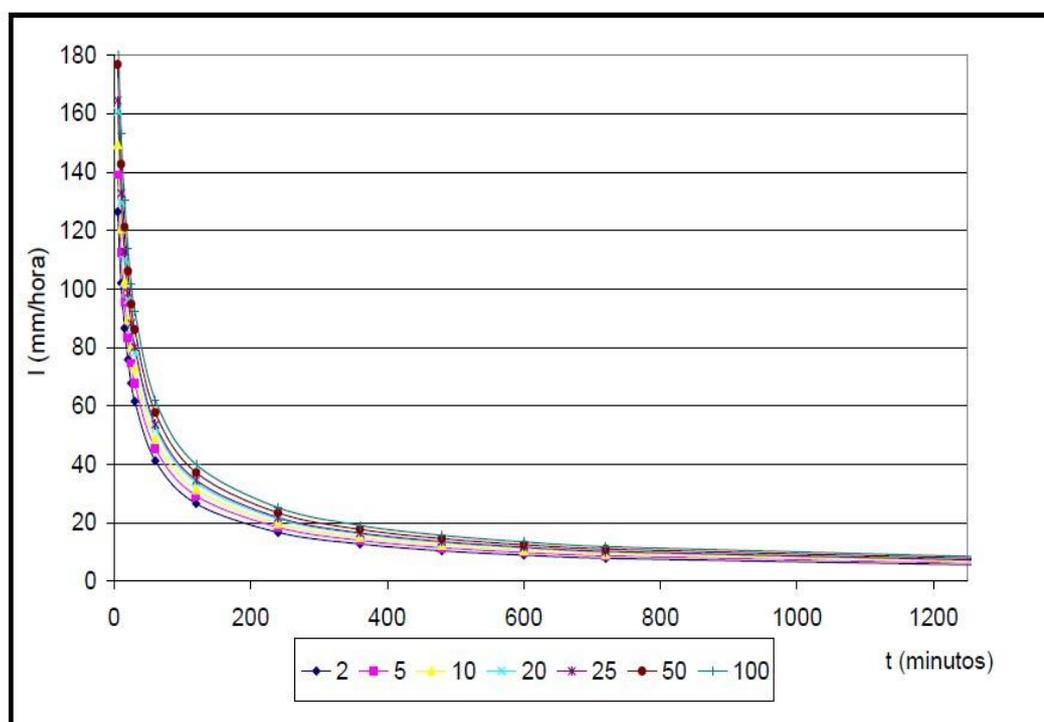
Td= tempo de duração da chuva de projeto

Tabela 1: Precipitações máximas para seus respectivos períodos de retorno definidos

TR	f(P>Po)	Y	P _{máx,1dia} (mm)
2	50%	0,37	90,12
5	20%	1,50	102,90
10	10%	2,25	111,36
20	5%	2,97	119,47
25	4%	3,20	122,05
50	2%	3,90	129,98
100	1%	4,60	137,35

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico 2014.

Figura 8 Curva de idf



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico, 2014.

A modelagem chuva-vazão tem como intuito retratar um sistema hidrológico em uma equação matemática para que seja possível quantificar a vazão em um determinado ponto para estudo, para isto é preciso ter previamente os dados das chuvas obtidos por meio de estações pluviométricas.

Segundo o PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PALMAS – TOCANTINS 2014, para fazer a modelagem chuva-vazão é preciso seguir alguns passos listados abaixo:

- Levantamento das informações e caracterização da região estudada (altimetria e planimetria do terreno, obras existente, informação da rede pluvial, uso e ocupação do solo, dados meteorológicos, dados dos corpos hídricos existentes, etc.);
- Definição do período de retorno e dos riscos, considerando tanto os aspectos sociais e econômicos como os objetivos do projeto em desenvolvimento;
- Determinação da precipitação de projeto de acordo com as informações climáticas da bacia, fazendo uso das curvas de IDF;
- Determinação do escoamento superficial direto por meio da simulação da transformação chuva-vazão com a utilização de um modelo hidrológico;
- Determinação das vazões de projeto;

A modelagem é feita para determinar os hietogramas de projeto. Usualmente são gerados hidrogramas para os tempos de retorno mais usais em projeto, que são, 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. A duração da chuva é considera igual ao tempo de concentração das bacias estudadas. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2014).

Para se encontrar o tempo de concentração, adota-se a seguinte equação (TUCCI, 2003):

$$T_c = 57 \left[\frac{L^3}{(S * L * 1000)} \right]^{0.385}$$

onde:

tc: é o tempo de concentração em minutos;

L: é o comprimento do talvegue principal da bacia;

S: é a declividade média do talvegue principal

A determinação precipitação em função do tempo é obtida por meio do Método dos Blocos Alternados, através da determinação da precipitação pelo método do Soil Conservation Service, para a separação da parte que esco superficialmente, e o método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) do SCS, para a propagação superficial. O método do SCS é um dos mais usais em projetos, sobre porque apresenta apenas um parâmetro: o Curve Number ou CN, que se encontra tabelado em muitos livros e também em manuais de drenagem urbana.

A relação para definir a parte da precipitação que esco é usado o seguinte método:

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S}$$

onde:

P_{ef}: é a precipitação efetiva ou escoamento (mm);

P: é a precipitação (mm);

S: é capacidade máxima de armazenamento do solo (mm).

O valor de S está relativo ao tipo de uso do solo e relaciona-se com o CN pela equação:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

A equação é usada mediante a condição de $P > 0,2S$, ou seja, precipitação deve ser superior às perdas iniciais, caso contrário precipitação efetiva é igual à zero. A determinação do número de CN está relacionada ao tipo de solo, à sua permeabilidade, à sua condição de umidade e ao seu uso. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO 2014).

Há diversas tabelas com valores definidos de CN para inúmeros cenários diferentes em manuais e bibliografia referentes. Um delas será citado nesse estudo no próximo tópico, mas podem ser consultadas em Tucci (1993).

A vazão de pico do hidrograma unitário triangular é obtida pela equação:

$$q_p = \frac{2,08A}{\Delta t \div 2 + 0,6tc}$$

Onde:

Δt : é o de tempo de duração da chuva;

T_p : é o tempo de pico que é igual a $0,6 tc$.

2.3.5 Vazão de Projeto para Microdrenagem: Método Racional

O método racional é o método normalmente usado para bacias de pequeno porte que por sua vez é limitado para uma área menor ou igual a 2km^2 . O Plano de Drenagem de Juiz de Fora (2011) cita que os princípios básicos do Método Racional são:

- O tempo da precipitação máxima é igual ao t_c da bacia. Admitindo que a bacia tenha uma pequena área para assim essa condição seja viável;
- Adota-se um único coeficiente de perdas, denominado C, determinando com base na ocupação da bacia;
- Não leva em consideração o volume da cheia e a distribuição ao longo do tempo das vazões, sendo assim seu uso não é recomendável para se projetar reservatórios de amortecimento.

A equação para o método racional é a seguinte:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

onde:

Q: vazão máxima (m^3)

C: coeficiente de deflúvio;

I: intensidade da precipitação (mm/h);

A: área da bacia (km^2).

A intensidade da precipitação depende da equação de IDF, tempo de concentração, precipitação máxima e o tempo de retorno. **Equação de IDF** para Palmas foi apresentada no capítulo anterior, o **tempo de concentração** pode ser determinado através da equação também apresentada no capítulo anterior e considerando igual ao tempo de duração, o **tempo de retorno** (TR) utilizado para microdrenagem varia de 2 a 10 anos.

O coeficiente de deflúvio utilizado no método racional leva em consideração as seguintes condicionantes da bacia. (Plano de Drenagem de Juiz de Fora, 2011):

- tipo de solo;
- cobertura;
- características de ocupação;
- tempo de retorno;
- intensidade pluviométrica.

Os coeficientes de deflúvio (C) recomendado para as superfícies urbanas estão apresentados na Figura 8. Na Figura 9 são apresentados coeficientes de escoamento para superfícies de revestimento. Para os tempos de retorno utilizados na microdrenagem, não existe variação desse coeficiente.

Vale destacar também o Método de I-Pai-Wu que é usado em bacias que apresentam até $200 km^2$ de área de drenagem, porém para este trabalho o método a ser aplicado será o método racional.

Figura 9 Valores de C por tipo de ocupação (adaptado: ASCE, 1969)

Descrição da área	C
Área Comercial/Edificação muito densa:	0,70 - 0,95
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	
Área Comercial/Edificação não muito densa:	0,60 - 0,70
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	
Área Residencial:	0,35 - 0,50
residências isoladas; com muita superfície livre	
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 ²	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área industrial:	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
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 10 : Valores de C de acordo com superfícies de revestimento (ASCE, 1969).

Superfície	C
Pavimento	
Asfalto	0,70 – 0,95
Concreto	0,80 – 0,95
Calçadas	0,75 – 0,85
Telhado	0,75 – 0,95
Cobertura: grama/areia	
plano (declividade 2%)	0,05 – 0,10
Grama, solo pesado	
plano (declividade 2%)	0,13 – 0,17
médio (declividade de 2 a 7%)	0,18 – 0,22
alta (declividade 7%)	0,25 – 0,35

2.4 OBRAS DE DRENAGEM E MEDIDAS DE CONTROLE ALTERNATIVAS

A drenagem urbana engloba todas as obras existentes em um município para a realização da coleta, transporte e lançamento final do escoamento superficial ocorrido numa bacia, além disso, compreende a hidrografia e seus talwegues. Esse sistema é constituído por medidas de controle que buscam reduzir ao máximo os efeitos do aumento do escoamento superficial, como também os riscos e prejuízos a que as populações estão expostas quando ocorrem inundações, buscando um processo de desenvolvimento urbano articulado, levando em considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2006). O sistema pode ser dividido em:

Tabela 2: Divisão do sistema de drenagem.

MICRODRENAGEM	MACRODRENAGEM
São estruturas que levam as águas pluviais para galerias ou canais urbanos.	São dispositivos que recebem o escoamento vindo da microdrenagem é responsável pelo manejo final destas águas
É formado por redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meios-fios.	É constituída pelos principais cursos d'água e seus talwegues que cortam a bacia de drenagem.

As medidas de controle são classificadas de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e não estruturais. As medidas estruturais são compreendidas pelo conjunto de infraestrutura que visa à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes. As medidas não estruturais são aquelas em que se busca minimizar os impactos das inundações, não por meio de obras, mas através da introdução de normas, regulamentos e programas que visem por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, uso de sistemas de alerta e a conscientização da população para manutenção dos dispositivos de drenagem. (Canholi, 2014).

Ainda segundo Canholi (2014), as medidas estruturais pode se dividir em duas as medidas intensivas e medidas extensivas. Medidas intensivas são divididas em 4: aumento do escoamento, retardamento do fluxo, restauração de calhas naturais e desvio do escoamento. Buscam tornas as edificações à prova de enchentes. Já ás chamadas medidas extensivas

correspondem aos pequenos armazenamentos na bacia, controle do processo erosivo, e manutenção da cobertura vegetal ao longo da bacia.

As medidas não estruturais estão em contrapartidas com as medidas estruturais que dão a sensação de falsa segura e pode induzir a ocupação das áreas inundáveis. As ações não estruturais podem ser agrupadas em: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; controle da poluição por meio de programas de conscientização, sistema de alertas e previsão de inundações (Canholi, 2014).

2.4.1 ESTRUTURAS CLÁSSICAS DA DRENAGEM

As principais obras que constituem o sistema de microdrenagem são apresentados por BIDONE e TUCCI (1995) e estão listados abaixo:

- **Meios-fios:** são estruturas de concreto, locada entre a via pública e as calçadas.
- **Sarjetas:** são faixas de vias públicas ligadas ao meio-fio. Possui um formato de um plano inclinado que recebe as águas pluviais das vias.
- **Bocas-de-lobo:** são dispositivos localizados nas sarjetas para a captação da água pluvial que por elas escoam.
- **Galerias:** são canalizações que tem a função de conduzir o escoamento superficial que chegam pelas bocas-de-lobo.
- **Condutos forçados:** estruturas iguais às galerias, contudo sua lâmina de água na seção é de 100%.
- **Poços de visita:** são dispositivos alocados ao longo das galerias em pontos estratégicos por permitirem mudanças de direção, declividade, diâmetro e convergência de várias galerias, além de propiciar a inspeção e limpeza das canalizações.
- **Estações de bombeamento:** é uma estrutura que permiti tirar a água de um ponto mais baixo para outro mais alto para que se prossiga a drenagem até os corpos hídricos.

Os elementos da macrodrenagem podem ser definidos como aqueles que recebem ás águas pluviais da microdrenagem, sendo formada pelos cursos de água da bacia podendo ser córregos, ribeirões e rios. As obras clássicas de macrodrenagem englobam ampliação das seções dos corpos hídricos naturais, estruturas para dissipação de energia, reservatórios de contenção, medidas contra erosões e assoreamentos, a construção de pontes e bueiros e estações de bombeamento (SILVEIRA, 2002).

2.4.2 Medidas não convencionais de drenagem urbana

Para Canholi (2014), as medidas não convencionais de drenagem urbana são estruturas, obras, dispositivos, ou conceito diferenciado de projetos que não são ainda difundidos. Sendo assim soluções que sejam diferentes dos conceitos clássicos amplamente usados, mas, podem trabalhar em conjunto uma com a outra.

Das medidas, não convencionais mais usadas, se destacam aquelas que buscam aumentar a parcela da precipitação que infiltra ou ainda retardar o escoamento em reservatórios ou o fluxo nas calhas dos rios e córregos. A contenção de vazão na fonte trabalha com o intuito de recuperar, o máximo possível, condições hidrológicas locais antes do período de urbanização.

Estas técnicas buscam garantir a diminuição do escoamento superficial, manutenção do tempo de concentração e qualidade da água. De forma geral esses dispositivos são localizados próximos aos locais de escoamento à fonte.

Os dispositivos de contenção na fonte, segundo Canholi (2014) podem ser classificados em:

- Disposição no local: compreendida por estruturas, obras e dispositivos que maximizam a infiltração e a percolação;
- Controle de entrada: Dispositivos que estabelecem limites na entrada da rede de drenagem, podendo ser válvulas no telhado ou controle na captação em estacionamentos e pátios;
- Detenção no local: São reservatórios pequenos para armazenagem temporária de águas advinda de uma determinada área.

Nesse contexto de novas tecnologia não convencionais de drenagem urbana não se pode deixar de citar o método Low Impact Development (LID), método americano de drenagem sustentável que tem como objetivo a manutenção das características hidrológicas locais (Canholi, 2014).

O LID é formado por estratégias de projeto chamadas de práticas de gestão integrada, Integrated Management Practices – IMPs. Das IMPs podemos destacar as seguintes:

- **Bio-retenção:** Se trata de um dispositivo de tratamento de escoamento pluvial com a utilização de um solo, com condicionantes à plantação, capaz de filtrar e armazenar águas pluviais, em uma depressão rasa.

Figura 11 Bio-retenção

- **Poço de infiltração:** Trata-se de escavações cobertas com uma manta geotêxtil e preenchida com material granular (como britas) para a formação de espaços vazios entre as britas, recebendo o escoamento superficial dos telhados, através de canos com perfurações, permitindo assim a infiltração para o solo.
- **Faixa Filtrante e de Proteção:** são planos de vegetação rasteiras, tipicamente gramas, para favorecer a infiltração, plantas entre uma possível fonte de poluição e um curso d'água.
- **Vala gramada:** Geralmente é usada sobre os taludes das rodovias para ajudar no processo de drenagem da via e funcionar como um filtro para que a água chegue ao seu receptor o mais limpo possível.

Figura 12 Na figura vemos uma faixa filtrante e uma vala gramada respectivamente

- **Barril:** os barris são elemento usado para captar certo volume (determinado pela sua geometria) de água que chegam do telhado e depois pode-se reutilizar essa água para por exemplo regar o jardim. É um dispositivo de baixo custo e fácil de

instalar.

- **Cisterna:** São tanques e tem a mesma função do barril, porém fica localizado no subsolo, possuindo uma maior capacidade de retenção devida sua geometria ser maior.

Figura 13 Cisterna e barril respectivamente



- **Trincheira de infiltração:** Tem o mesmo princípio do poço de infiltração, porém apresenta seção retangular, sua seção longitudinal é muito maior que a transversal. É coberta por uma manta geotêxtil e preenchida normalmente com britas. Tem sua eficiência elevada quando trabalha associada a vala gramada e faixa de proteção.
- **Pavimento Permeável:** É mais usual em estacionamentos e é um caminho eficiente para diminuir o grau de impermeabilização, ele permite a infiltração da água através de si. O pavimento permeável pode ser usado como um poço de detenção utilizando para isso uma manta impermeável entre o reservatório e o solo.

3 METODOLOGIA

O estudo será realizado utilizando um acervo de materiais bibliográficos, método exploratório para assim levantar dados do objeto de estudo descritos no planejamento metodológico.

Para este projeto será feita uma pesquisa prática, com objetivo de analisar a eficiência de soluções propostas para redução do escoamento superficial, na cidade de Palmas Tocantins, para que se constatado uma ótima eficiência seja recomendado para diminuir os problemas de alagamentos na capital tocantinenses, que ocorrem sobretudo no período chuvoso, e assim contribuir para que haja um maior conforto para os habitantes, visto que em épocas de chuvas há inúmeros transtornos devido a alagamento.

A abordagem será fazer um estudo da eficiência e capacidade de métodos não convencionais de microdrenagem, para reduzir o escoamento superficial, para tal será escolhido uma área de estudo onde serão propostos dispositivos do método LID que serão os seguintes:

- a) Poço de infiltração
- b) Pavimento permeável
- c) Cisterna

Deste, serão analisado a sua possibilidade de execução devido a condicionantes de espaço e sua eficiência na redução do escoamento. Não será levado em consideração custos e nem a possibilidade de real execução, pois, o mesmo apenas se trata de um estudo hipotético e esses dispositivos são mais viáveis se projetados previamente junto à edificação. Sendo assim o foco está em quantificar a eficiência para as condições hidrológicas de Palmas.

Para que isso seja possível serão seguidos os seguintes passos:

- a) Determinar uma área de estudo;
- b) Fazer uma visita de campo para determinar os possíveis locais para implantação dos dispositivos;
- c) Detalhar aspectos técnicos dos dispositivos que podem ser executados na área de estudo;
- d) Estudar a hidrologia do local;
- e) Aplicar o estudo e quantificar o volume de escoamento superficial que pode ser evitado;

3.1 ÁREA DE PROJETO

A área para estudo está situada no município de Palmas, capital do estado do Tocantins, possuindo uma população de 228.332 habitantes segundo o IBGE (2010). Mais especificamente a área selecionada é parte do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). A área corresponde ao estacionamento para funcionário, estacionamento para alunos, e os prédios 1, 2, 3,4, como mostra a figura (14) abaixo, possuindo uma área de 27.314m².

Figura 14 Área de estudo para aplicação de métodos não convencionais de microdrenagem



Fonte: Adaptado do Google Earth Pro (2018).

3.2 ESTUDO HIDROLÓGICO

Para a realização do estudo hidrológico será seguido às instruções:

- a. Tempo de retorno adotado será de 10 anos, tempo normalmente usado para obras de microdrenagem;
- b. Para cálculo da intensidade da chuva de projeto será usado à equação fornecido pelo PMSB (2014).

$$i = \frac{749,97 * Tr^{0.104}}{(Td + 9)^{0.704}}$$

- c. Para o cálculo da vazão será utilizado o método racional, pois a área de estudo é pequena.
- d. A determinação do volume será feita através do hidrograma unitário para precipitações com duração 1h.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO E COEFICIENTE DE FLÚVIO

Os valores do número do coeficiente de deflúvio nas áreas urbanas serão classificados considerando o tipo de cobertura do solo, como é mostrado nas figuras 9 e 10 do item 2.3.5 deste presente trabalho.

Em Palmas – TO o solo em sua grande parte se apresenta arenoso e em muitas vezes com presença de pedregulhos que favorece a infiltração de água no solo. Carvalho et al (2015) classifica o solo do CEULP/ULBRA como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e através da metodologia do Infiltrômetro de Anel determinou os parâmetros hídricos deste solo e chegou à conclusão que o solo do CEULP possui um coeficiente de infiltração estimado em 136 mm/h. O coeficiente de infiltração também pode ser estimado através da figura a seguir.

Figura 15 Coeficiente de infiltração de acordo com o tipo de solo (CIRIA, 1996)

Tipo de solo	Coeficiente de infiltração (mm/h)
Cascalho	10 – 1000
Areia	0,1 – 100
Areno lemoso	0,01 – 1
Lemo arenoso	0,05 – 0,5
Lemo	0,001 – 0,1
Lemo siltoso	0,0005 – 0,05
Características Calcárias	0,001 - 100
Ponto divisor para a maioria dos sistemas de infiltração	0,001
Lemo argilo arenoso	0,001 – 0,01
Lemo argilo siltoso	0,00005 – 0,005
Argila	< 0,0001
Rocha	0,00001 – 0,1

4 APLICAÇÃO DE MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA

4.1 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Pavimentos permeáveis têm como características ser uma superfície construída de concreto, asfalto ou concreto vazado com alta capacidade de infiltração e sua principal vantagem é que permite a infiltração da água para o subsolo e tem como desvantagens o seu emprego ser limitado a lugares com baixo tráfego e que não tenha grande solicitação de carga. Normalmente é mais utilizado em estacionamentos e pode direcionar a água para um reservatório. Algumas condicionantes podem ser limitadoras para o uso desse dispositivo, como é o caso de o lençol freático estar a menos de 1,20m de profundidade da superfície e em eventuais solos onde a taxa de infiltração seja muito baixa.

O pavimento permeável pode possuir infiltração total direta no solo, parcial ou sem infiltração no solo, quando não possui infiltração direta no solo ou de forma parcial ele possui

um dreno que conduz o escoamento para o sistema de drenagem ou um reservatório de detenção.

Figura 16 Pavimento permeável com infiltração total no solo

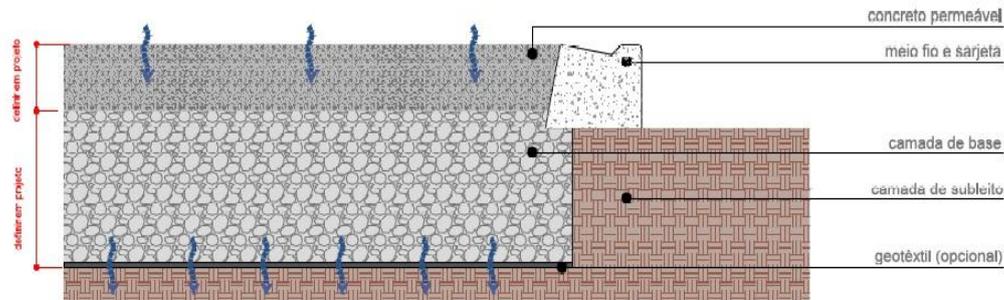


Figura 17 Pavimento permeável sem infiltração no solo

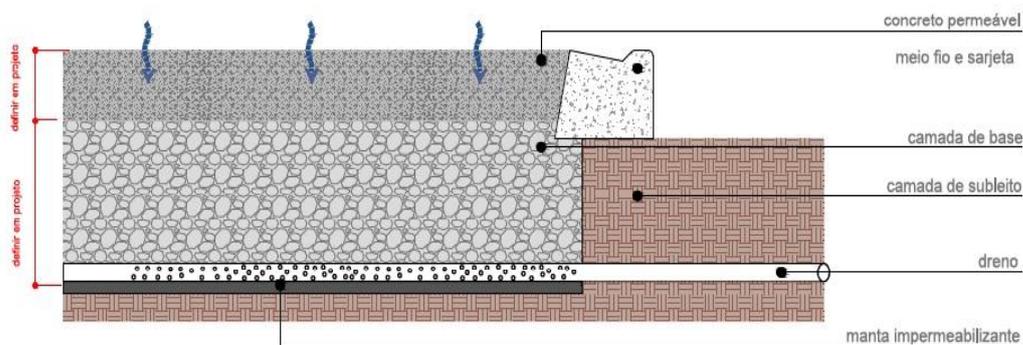
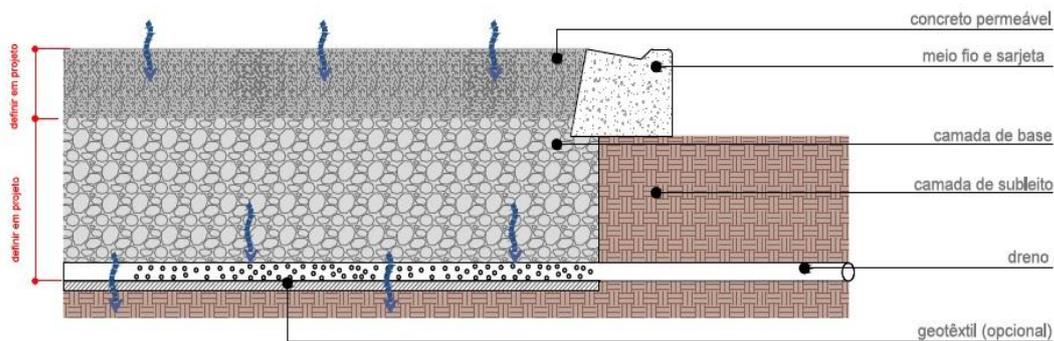


Figura 18 Pavimento permeável com infiltração parcial no solo



Outras vantagens que podemos citar do pavimento permeável é que ele apresenta menor condutividade térmica, em relação aos pavimentos convencionais, e devido isso seus poros se torna mais silencioso (FERGUSON, 2005).

O pavimento permeável pode ainda ser utilizado como um poço de detenção, para isso é necessário o uso de uma membrana impermeável entre o reservatório e o solo existente. Esse sistema deve ter um período de esgotamento entre 6 e 12h (CAHILL ASSOCIATES,

1993), (CREDIT VALLEY CONSERVATION; TORONTO AND REGION CONSERVATION, 2010):

O procedimento para cálculo utilizado é uma adaptação feita pelo PD/JF do modelo adotado por CIRIA (1996). Os dados necessários são os seguintes:

q : coeficiente de infiltração (m/h);

A : área a ser drenada (m²);

ϕ : porosidade efetiva do material de preenchimento (mm/h);

I : intensidade da chuva (mm/h); d : duração da chuva (h);

Ab : área base do sistema de infiltração.

Com estes dados podemos então dimensionar a h_{max} , da seguinte maneira:

- 1) Corrigir o coeficiente de infiltração q pelo coeficiente de segurança mostrado na figura 20;
- 2) Determinar o material e assim sua porosidade efetiva, estes dados podem ser consultados na tabela figura 19;
- 3) Calcular a razão de drenagem $R=A/Ab$, onde A é área de contribuição e Ab a área da base da superfície de infiltração;
- 4) Encontrar a intensidade da chuva através da função IDF adotada;
- 5) Por fim calcular h_{max} .

$$h_{max} = \frac{t}{\phi} (R * I - q)$$

O Tempo de esgotamento é dado pela expressão:

$$T_{esg} = \frac{\phi * h_{max}}{q}$$

Figura 19 Porosidade efetiva para materiais típicos (Urbonas e Stahre, 1993).

Material	Porosidade Efetiva (%)
Rocha dinamitada – brita grossa	30
Cascalho de granulometria uniforme	40
Brita graduada ($\leq \frac{1}{4}$ polegadas)	30
Areia	25
Cascalho de jazida – seixo rolado	15 – 25

Figura 20 Fatores de segurança para o coeficiente de infiltração (CIRIA, 1996).

Consequências da falha do dispositivo de infiltração			
Área a ser drenada m ²	Nenhum dano ou inconveniência	Inconveniência menor, como alagamento de um estacionamento	Danos à construção ou estrutura, inconveniência maior, como inundação em estradas
< 100	1,50	2	10
100 a 1000	1,50	3	10
> 1000	1,50	5	10

4.2 POÇOS E TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

O poço de infiltração consiste em um poço escavado no solo, podendo ser com geometria circular ou retangular, revestido por aduelas de concreto ou tijolos assentando em crivo, ou ainda somente escavado e preenchido com brita, todos são envoltos em uma manta geotêxtil e o fundo revestido com brita de forma a permitir a infiltração. O poço de infiltração pode ser totalmente ou apenas o fundo preenchido com brita, porém é mais comum encontrar aqueles que possuem toda sua seção preenchida.

Enquanto os poços de infiltração podem ter variadas formas geométricas às valas de infiltração são normalmente retangulares e apresenta uma seção longitudinal bem maior que a transversal.

Poços e trincheiras de infiltração são mais usuais em lugares onde o solo apresenta características propícias para a infiltração. Além de ajudar na redução do pico de vazão, tais práticas também contribuem para uma melhor qualidade da água, pois, ocorre a filtração de materiais poluentes. A profundidade de ambos está relacionada à taxa de infiltração do solo e a porosidade do cascalho.

Para o dimensionamento da altura máxima os principais parâmetros são (CREDIT VALLEY CONSERVATION; TORONTO AND REGION CONSERVATION, 2010):

- Determinação da geometria: como dito a cima, vala de infiltração apresenta apenas seção retangular enquanto o poço pode apresentar também uma seção circular. Para casos em que não haja dreno abaixo da estrutura, o dimensionamento pode ser feito com a equação:

$$d_{\max} = \frac{i * td}{P_o}$$

Em que:

d_{\max} = profundidade máxima (mm);

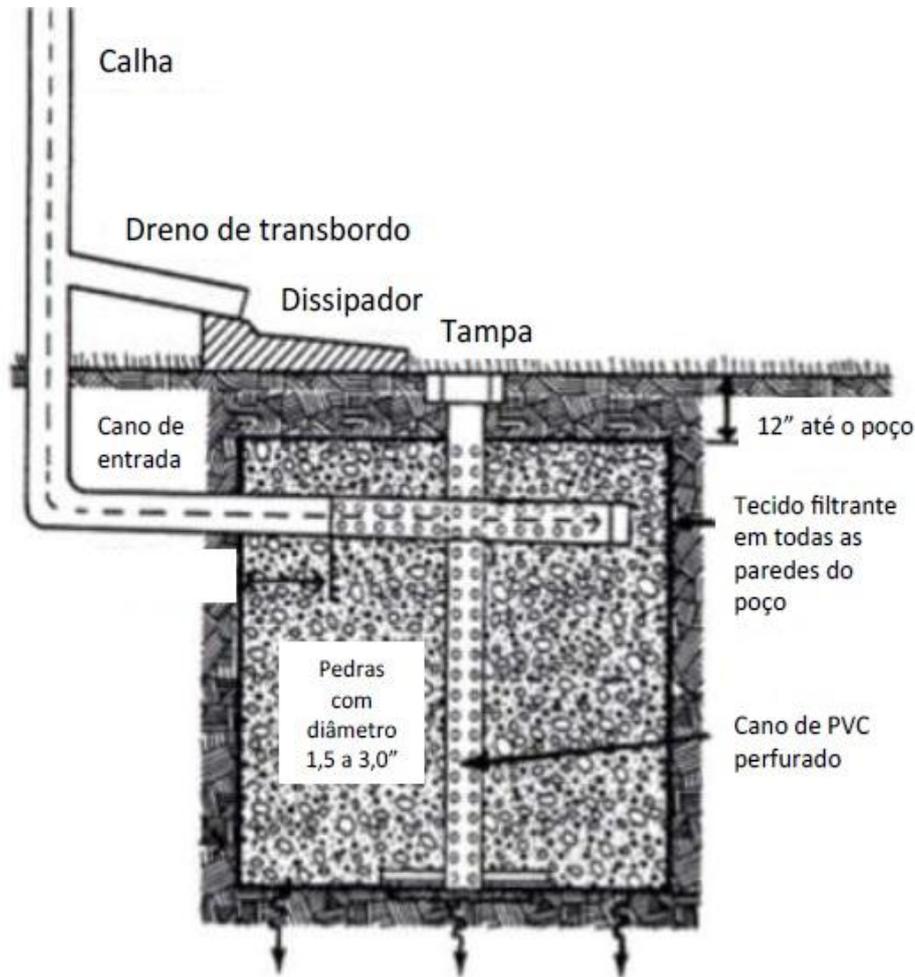
i = taxa de infiltração do solo (mm/h)

t_d = tempo de drenagem recomendado 48h

P_o : porosidade efetiva do material (normalmente 0,4 para agregados graúdos com 50 mm).

- Pré-tratamento: Importante para impedir que sólidos obstruam os poros existentes entre as britas. Podem ser utilizados grades ou faixas gramadas e filtrantes;
- Transporte e transbordo: a tubulação de entrada é normalmente perfurada. O cano usado para transbordo pode ser o mesmo usado para entrada, que possa encaminhar o excesso para o sistema convencional de drenagem;
- Poço de inspeção: recomendado um cano furado que vai até a base do poço possuindo uma tampa no topo, é usado para verificar o tempo de drenagem e o nível da água no poço;
- Meio filtrante: todo o sistema deve estar envolvido com uma manta geotêxtil que serve para impedir que o solo venha a obstruir os poros do poço ou vala. É recomendado que estes poros representem entre 30 e 40% do espaço, para isso é utilizado pedras com diâmetro de 50mm;

Figura 21 Esquema básico de um poço de infiltração



Fonte: CREDIT VALLEY CONSERVATION; TORONTO AND REGION CONSERVATION, 2010

4.3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Para a realização do estudo hidrológico adotou-se o tempo de retorno 10 anos, valor típico para elementos de microdrenagem, a duração da chuva igual a 1h, tempo médio das chuvas em Palmas. A equação da chuva foi retirada do Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas (2014). A área para a aplicação do estudo é parte do CEULP/ULBRA, já citada no item 3.1, sua delimitação apresenta uma área com 27 314m².

$$i = \frac{749,97 * Tr^{0,104}}{(Td + 9)^{0,704}} \therefore i = \frac{749,97 * 10^{0,104}}{(60 + 9)^{0,704}} i = 48,77mm/h$$

A obtenção da vazão de projeto foi encontrada através do método racional, pois, área é menor que 2 km², a divisão da área é mostrada na figura 22.

Figura 22 Área de estudo dividida em duas bacias, adaptado do Google Earth Pro (2019).



A área foi dividida em duas bacias por consequência da topografia do terreno portanto, temos em azul a bacia que está inserido o estacionamento destinado aos alunos e visitantes e na área amarela a bacia que compreende os blocos que vai de 1 a 4 e o estacionamento destinado aos colaboradores. A área amarela é formada por diferentes superfícies e por isso será subdividida em 3, na figura 23 podemos observar as divisões das superfícies.

Figura 23 Divisão da área por superfícies, adaptado do Google Earth Pro (2019).



Com as áreas das bacias delimitadas e seus respectivos coeficientes de deflúvio que podem ser encontrados na figura 9 e 10, página 26, podemos aplicar a equação do método racional para obtemos a vazão.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Onde:

Q: vazão máxima (m³/s)

C: coeficiente de deflúvio;

I: intensidade da precipitação (mm/h);

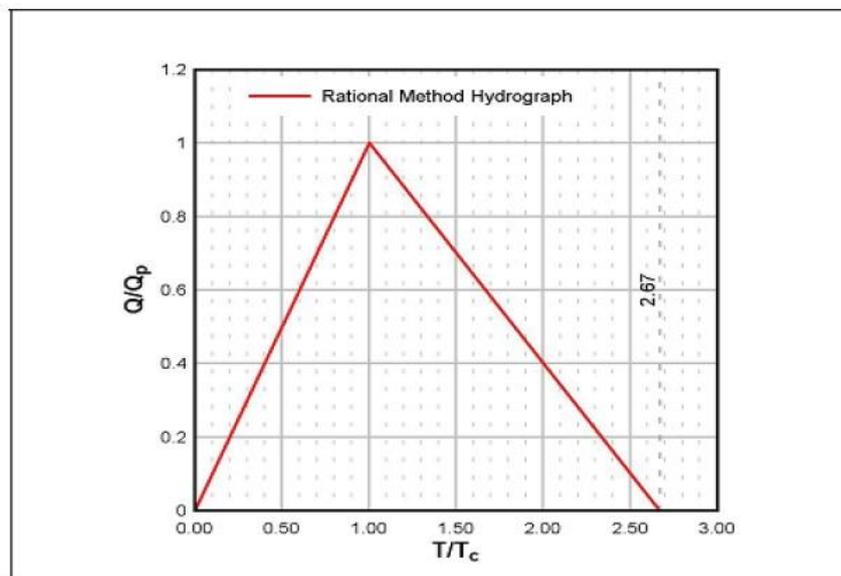
A: área da bacia (km²).

Tabela 3 Vazão gerada por cada área

DESCRIÇÃO	ÁREA (m ²)		VAZÃO DE PICO (m ³ /s)	
	AMARELA	AZUL	AMARELA	AZUL
ESTACIONAMENTO	3962	12449	0,050	0,157
TELHADO	7952		0,102	
ÁREA VERDE	2951		0,004	
TOTAL	27314		0,314	

Desta forma é possível encontrar o volume escoado através do hidrograma triangular de base 2,67 do método racional, onde o tempo de pico acontece quando $t/t_c=1$ e tempo base quando $t/t_c=2.67$. Este hidrograma é aplicado em áreas com menos do que 64ha e tempo de concentração igual ou inferior a 1h (Tomaz apoud Maricopa County 2010).

Figura 24 Hidrograma do Método Racional utilizado em Mahove County (Tomaz, 2010).



Para se encontrar o tempo de concentração o PMSB (2014) recomenda adotar-se a seguinte equação (TUCCI, 2003):

$$T_c = 57 \left[\frac{L^3}{(S * L * 1000)} \right]^{0.385}$$

O tempo de concentração para a bacia 1 ou azul foi de 4,68min por sua vez, a bacia 2 ou amarela foi de 5,60min pois, apresenta uma menor declividade e um comprimento de talvegue ligeiramente maior.

Para bacia 1 obtemos o tempo de pico $t_p=t_c$ logo, $t_p=4,68$ minutos e tempo de tempo de base $t_b=2,67*t_c$, portanto $t_b= 12,50$ minutos. Fazendo o cálculo da área do hidrograma obtemos um volume de escoamento superficial produzido pela área de $58,82\text{m}^3$.

A bacia 2, com $t_p=5,60\text{min}$ e $t_b=14,96$ minutos produziu um total de $82,58\text{ m}^3$ de escoamento superficial sendo deste $22,39\text{m}^3$ pelo estacionamento, $45,91\text{ m}^3$ pelo telhado e $14,35\text{ m}^3$ pela área não impermeabilizada. A tabela abaixo trás o resumo dos valores encontrados para as duas bacias.

Tabela 4 Volume de escoamento superficial gerado por área

DESCRIÇÃO	VOLUME DA BACIA(m^3)	
	AMARELA	AZUL
ESTACIONAMENTO	22,39	58,82
TELHADO	45,91	
ÁREA VERDE	1,97	
TOTAL	70,27	58,82
	129,09	

4.4 PRÁTICAS APLICÁVEIS PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

4.4.1 Cisterna

O uso de cisternas em um centro universitário é bastante inteligente pois, a águas pluviais podem ser reutilizadas para regar plantas, jardins, gramados de complexos esportivos e para limpeza, ajudando assim no ponto de vista econômico e na drenagem.

O ponto negativo é que como a água não infiltra a cisterna pode se apresentar cheia no momento de uma chuva e assim não ajudar sempre na redução do escoamento e para solucionar isso é preciso a construção de um dreno de transbordo que possa drenar e/ou esvaziar a cisterna quando necessário pelo rede de drenagem convencional ou ainda construir um poço de infiltração em conjunto com a cisterna.

As cisternas podem ser construídas sobre a superfície de forma que armazene água proveniente do telhado (opção 1), contudo tem limitação de espaço e estética. É viável também fazer uso de uma cisterna no subsolo (opção 2) que pode apresentar dimensões maiores, porém, apresentar maiores dificuldades construtivas.

- Opção 1: Como o espaço é um fator limitador para esta opção propõem-se uma cisterna com 3 metros de comprimento, 2,5m de largura e 1,8m de altura.
- Opção 2: Para esta optou-se por duas cisternas com 3m de comprimento, 3m de largura e 1,6m de altura. Pois, a profundidade não pode ser muito elevada devido a custos e dificuldade de construção.

Tabela 5 Redução do escoamento superficial com uso de cisterna

OPÇÃO	CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO (m ³)	REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (m ³)
1	13,5	29,41%
2	28,8	62,74%

4.4.2 Poço de infiltração

Para o dimensionamento do poço de infiltração será utilizada a equação apresentada no item 3.3 pois, será considerado que o poço não apresentará dreno inferior e brita usada pra preenchimento do poço será de 50mm que apresenta uma porosidade de 0,4 . Com a ajuda da figura 14 no item 3.3 chegamos ao valor do coeficiente de infiltração de 100mm/h que corresponde para um solo arenoso e com presença de pedregulhos, vale ressaltar que Carvalho et al (2015) determinou o valor de 136 mm/h para o solo do CEULP, então o valor adotado está em favor da segurança. Portanto podemos determinar a profundidade máxima para o poço de infiltração.

$$dmáx = \frac{100 * 48}{0,40} \therefore dmáx = 12000 \text{ mm} = 12 \text{ m}$$

A profundidade permitida para o dispositivo foi alta pois, o solo apresenta uma ótima capacidade de infiltração, porém, para uma profundidade dessa tem se mais dificuldades e custos de construção. O poço infiltração receberá apenas o escoamento proveniente do telhado tanto para opção 1 como para a opção 2.

- Opção 1: poço circular com 3 m de diâmetro e 2 m de profundidade
- Opção 2: para a opção 2 dobrou-se o número de poços da opção 1.

Tabela 6 Redução no escoamento superficial com uso de poço de infiltração

OPÇÃO	CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO (m ³)	REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (m ³)
1	14,14	30,80%
2	28,28	61,59%

4.4.3 Pavimento permeável

Para o dimensionamento da profundidade da camada de base granular, que serve também como reservatório para o pavimento permeável, será seguindo as instruções contidas no item 4.1 e adotado o sistema de infiltração total no solo, pois, o coeficiente de infiltração do solo no local é de aproximadamente 100 mm/h considerada muito boa para esse tipo de dispositivo.

A brita utilizada para dimensionamento foi a brita 3(comercial) que apresenta uma porosidade da ordem de 0,4 a 0,5, a área de drenagem será igual a área de contribuição do escoamento os parâmetros hidrológicos de intensidade de chuva são os mesmos apresentados no item 4.3.

Aplicando a equação chegou-se a um resultado negativo e isso quer dizer que toda a água precipita em um intervalo de tempo infiltra nesse mesmo intervalo, a altura mínima para a camada de reservatório é 15cm sendo assim adotada para projeto.

Segundo o PD/JZ ZN (2011) o uso de pavimento permeável pode eliminar a necessidade de drenagem convencionais, pois, o dispositivo praticamente não produz escoamento superficial em solos favoráveis que permitem a infiltração total, como é o caso deste estudo, porém, para Araújo et al (2000) o coeficiente de escoamento para estrutura como concreto permeável é de 0,03 sendo assim, nossa área total do estacionamento ainda produziria um escoamento de 2,87m³. Levando-se em conta que o sistema convencional gera um valor de 81,21 m³ a redução no escoamento foi de 96,47%.

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

A tabela abaixo apresenta o resultado, em porcentagem, da eficiência dos dispositivos propostos para redução do escoamento superficial nas características hidrológicas e do solo da área de estudo.

Tabela 7 Eficiência de cada dispositivo na redução do escoamento

DISPOSITIVO	OPÇÃO	CAPACIDADE DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO (m ³)	REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (m ³)
Cisterna	1	13,5	29,41%
	2	28,8	62,74%
Poço de infiltração	1	14,14	30,80%
	2	28,27	61,59%
Pavimento Permeável	única	78,34	96,47%

É possível inferir através da tabela que o pavimento permeável foi o dispositivo que apresentou melhor resultado pois, é aquele que faz maior do uso da área que possui um solo bastante favorável para infiltração.

O uso da cisterna apresentou a segunda maior eficiência, porém, tem muitas limitações entre elas a principal é o espaço e custo para implantação de uma cisterna no subsolo e pesa também o fato de que é necessário usar um conjunto de motor bomba para essa situação.

O poço de infiltração foi o dispositivo que apresentou a menor eficiência neste estudo, porém, isso poderia ter sido diferente se a profundidade fosse maior. Pois, o solo é muito favorável para esse tipo de dispositivo.

Esses dispositivos são mais viáveis se planejados junto com a construção da edificação pois, eles requerem um espaço considerável e se projetados após a construção da edificação esses dispositivos ficam limitados ou inviáveis, devido ser necessário um maior investimento, pois, pode ser necessário fazer alterações no sistema de microdrenagem clássica ou adaptações na edificações.

6 CONCLUSÃO

Desde a formação das primeiras comunidades os seres humanos conviveram com a necessidade de interagir com o ciclo hidrológico. E com a criação das cidades e o desenvolvimento urbano acelerado ficou evidente que era preciso buscar por soluções para combater as consequências do uso e ocupação do solo e intervenções feitas no ciclo hidrológico.

No início as soluções se davam de forma não planejadas e se mostraram com pouca eficiência e isso evidenciou que a drenagem urbana precisa ser planejada e discutida em conjunto com outros setores do planejamento urbano.

Contudo, mesmo com o planejamento de planos diretores de drenagem urbana o sistema convencional usado atualmente não é suficiente para evitar os desconfortos gerados por enchentes e inundações presentes no meio urbano, pois, o sistema atual tem a função de conduzir o escoamento superficial, o mais rápido possível, com destino a um corpo hídrico. Ou seja, o sistema clássico de drenagem aumenta o tempo de concentração e aumenta assim a vazão de pico da bacia.

Com altas taxas de impermeabilização do solo e com chuvas intensas em conjunto com a diminuição do tempo de concentração das bacias, a vazão de pico tende a ser muito maior em um menor intervalo de tempo convergindo assim para uma saturação do sistema.

As práticas não convencionais de microdrenagem favorecem a infiltração da água no solo diminuindo o escoamento superficial e o tempo de concentração das bacias. Desta forma, essas práticas não convencionais surgiram para complementar o sistema convencional e ajudar em desenvolvimento mais sustentável.

Neste presente estudo constatou-se que o uso de dispositivos não convencionais de microdrenagem, em Palmas, apresentam uma ótima eficiência chegando até 96% para pavimento permeáveis e 60% para poço de infiltração devido ao solo possuir uma ótima velocidade de infiltração. Concluiu-se também que esses dispositivos se tornam mais usais quando planejados com antecedência.

7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDEFUM J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRG. Porto Alegre, 2000.

ASCE, 1969. Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).

CANHOLI, A.P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

CANHOLI, A.P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2005 São Paulo – Oficina de textos.

CAPACIDADES. Programa Nacional de Capacitação das Cidades - Curso: Reabilitação Urbana com foco em Áreas Centrais. Brasília: Secretaria Nacional de Acessibilidade e Programas Urbanos - SNAPU, v. Módulo 1 - Unidade 1, 2013.

CIRIA-Construction Industry Research and Information Association. Infiltration Drainage: Manual of Good Practice. London, 1996, CIRIA.

DUNNE, T. E LEOPOLD, L. B. (1978). Channel Changes. In: Water in Environmental Planning. Edited W. N. Freeman and Company. p. 687 – 710.

DAWDY, D. R. Knowledge of sedimentation in urban environments. Journal of the hydraulics division ASCE, v.93, n. HY 6, p.235-245, 1967.

FERGUSON, B. K. Porous pavements. 1ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Orientações básicas para drenagem urbana. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

Guy, H. P. Research needs regarding sediment and urbanization. Journal of the hydraulics division ASCE, v.93, n. HY 6, p.247-254, 1967.

IPH. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - 1ª Etapa. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. 2002.

IPH. Plano Integrado de Saneamento e Drenagem Urbana de Caxias do Sul. Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, 2002.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Governo Federal. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000.

PD/JF ZN- Plano de Drenagem Juiz de Fora Parte 1 – Zona Norte. Volume 3 – Manual de Drenagem. Juiz de Fora, 2011.

PMSB/ PALMAS – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PALMAS BARBOSA. Volume III – Drenagem Urbana. Palmas, 2013.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Águas Pluviais: planejamento setorial de drenagem urbana: guia do profissional em treinamento: nível 2. Salvador: ReCESA, 2008.

SILVA, J. A. D. Direito Urbanístico Brasileiro. São Paulo: Malheiros, 2006.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto. Porto Alegre: IPH/UFRGS, 2005.

SOUZA. C.G., et al. Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas. Belo Horizonte: EMATER,2002. 124p.

TUCCI, C. E. M. e GENZ, F. (1995). Controle do impacto da urbanização. In: Drenagem Urbana. Orgs: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. e BARROS, M.T. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS. p. 277 – 347.

TUCCI, C. E. M. (1995). Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. e BARROS, M. T. (orgs.). Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS. p. 15 – 36.

TUCCI, C.E.M. Escoamento Superficial. In: (org). Hidrologia: Ciência e aplicação; 4ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ ABRH, 2009. p. 391-442.

TUCCI, C.E.M. Controle de enchentes. In: (org.). Hidrologia: Ciência e aplicação; 4ª ed. Porto Alegre: ed. UFRGS/ ABRH, 2009. p. 621-652.

TUCCI, C.E.M. e COLLISCHONN, WALTER.(2000). Drenagem urbana e controle de erosão. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. Orgs: TUCCI, E.M.; MARQUES, DAVID DA MOTTA. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS.p.119-127.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. D. M. Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 2000.

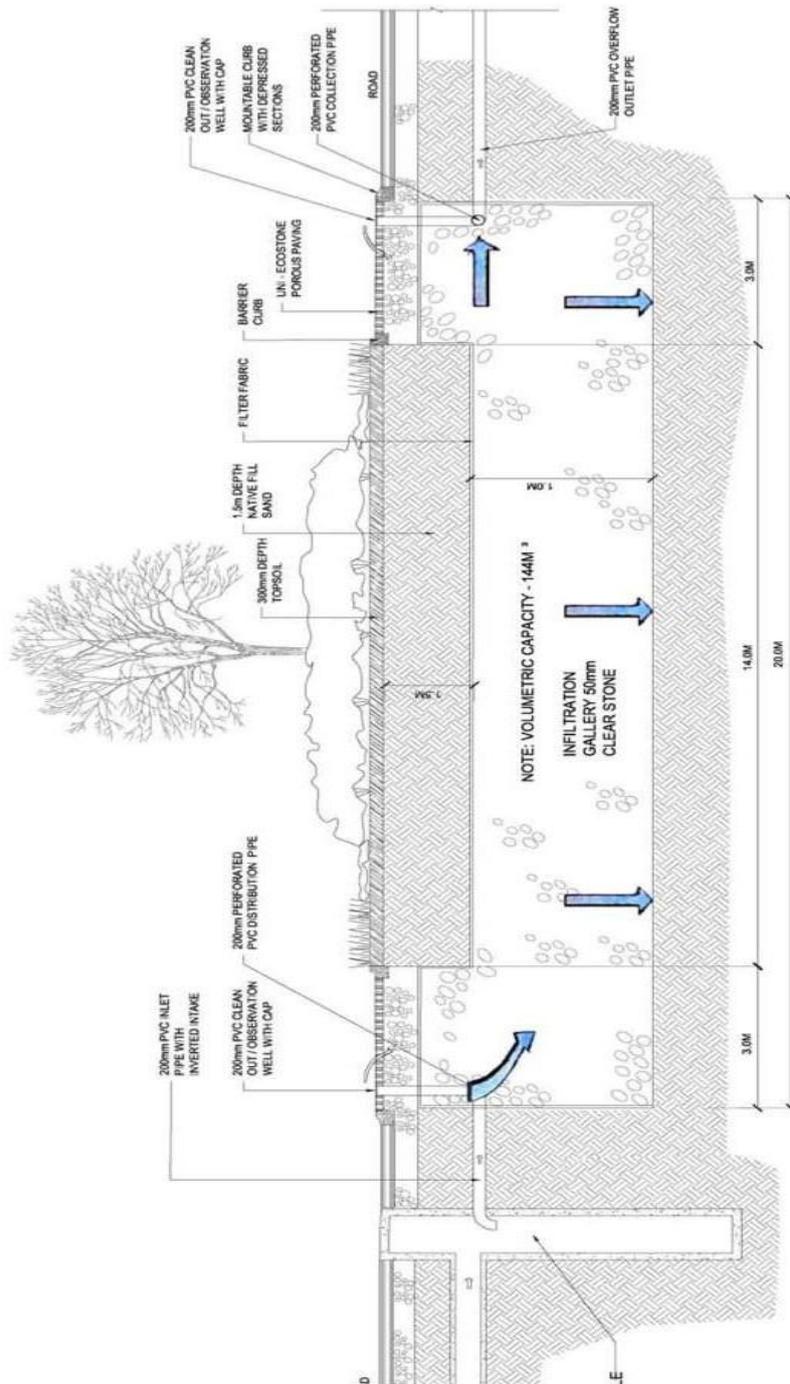
TUCCI, C.E.M. 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Editora da UFRGS, ABRH, 952p.
WATER RESOURCES COUNCIL, 1971. Regulation of flood hazard areas to reduce.

URBONAS, B. e STAHR, P. (1993) "Stormwater Best Management Practices and Detention" Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 450p.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R. O Processo de Urbanização no Brasil. Segunda. ed. São Paulo: Fupam, 2010.

8 ANEXOS

Exemplo de um poço de infiltração em uma rotatória



Fonte: (CREDIT VALLEY COERVATION; TORONTO AND REGION CONSERVATION, 2010)

CopySpider Scholar Português ▼ Login

Exportar relatório
Referências ABNT
Visualizar ▼

PAULO MOTA DE ARAUO TCC 2 2019-1.docx (12/06/2019):

Documentos candidatos

lproweb.procempa.com... [2,38%]

mpf.mp.br/atuacao-te... [2,2%]

toledo.pr.gov.br/sit... [2%]

up.edu.br/davinci/3/... [1,73%]

aguasparana.pr.gov.b... [1,18%]

scielo.br/pdf/ea/v22... [1,13%]

pt.wikipedia.org/wik... [1,02%]

dufferincounty.ca/ex... [0,05%]

crisrodas.com.br/ [0,01%]

edsheeran.com/tour-d... [0,01%]

Arquivo de entrada: PAULO MOTA DE ARAUO TCC 2 2019-1.docx (9161 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
lproweb.procempa.com...	Visualizar 32508	969	2,38
mpf.mp.br/atuacao-te...	Visualizar 13492	489	2,2
toledo.pr.gov.br/sit...	Visualizar 7322	324	2
up.edu.br/davinci/3/...	Visualizar 4055	226	1,73
aguasparana.pr.gov.b...	Visualizar 40217	580	1,18
scielo.br/pdf/ea/v22...	Visualizar 5825	168	1,13
pt.wikipedia.org/wik...	Visualizar 2272	116	1,02
dufferincounty.ca/ex...	Visualizar 178	5	0,05
crisrodas.com.br/	Visualizar 299	1	0,01
edsheeran.com/tour-d...	Visualizar 426	1	0,01