

FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Felipe de Campos

Marco Aurélio Barnabé Alves

**TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO
INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES
VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA
PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP**

BAURU
2017

Felipe de Campos

Marco Aurélio Barnabé Alves

**TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO
INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES
VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA
PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades Integradas
de Bauru como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, sob a coordenação
da disciplina de TCC.**

BAURU

2017

Alves, Marco Aurélio

TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP. Felipe de Campos, Marco Aurélio Barnabé Alves Bauru, FIB, 2017. 45f.

Monografia, Graduação em Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Bauru

Coordenador: Luiz Victor Sanches

1. Permeabilidade. 2. Inundações 3. Drenagem. I.
TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP. II.
Faculdades Integradas de Bauru.

CDD 620

Felipe de Campos

Marco Aurélio Barnabé Alves

**TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO
INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES
VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA
PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades
Integradas de Bauru como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.**

Bauru, 14 de novembro de 2017.

Banca Examinadora:

Presidente/ Coordenador: Prof^o DR. Luiz Vitor Crepaldi Sanches

Professor 1: Prof^a Esp^a Glauce Alves Tonelli da Silva

Professor 2: Prof^a Ms^a Andréa de Oliveira Bonini

**BAURU
2017**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à Deus, pois ele nos ensinou tudo até este presente momento e vai continuar nos ensinando para o resto da vida, e para nós mesmo, nós esforçamos muito para chegar até este momento da conclusão deste curso.

Felipe de Campos
Marco Aurélio Barnabé Alves

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

As nossas esposas que nos apoiaram nessa nova etapa e pela paciência.

Aos nossos filhos pela iniciativa de luta para oferecê-los um bom futuro.

Ao nosso orientador Prof. Luiz Victor Sanches, pelo suporte no pouco tempo que lhe
coube, pelas suas correções e incentivos.

A nossa Prof.^a Tatiane Coelho pelas técnicas de aprendizagem do TCC

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso
muito obrigado.

|

|

|

ALVES, Marco Aurélio; CAMPOS, Felipe. **TAXA E VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DO INFILTRÔMETRO DE ANEL EM SOLO ARENOSO CONTENDO DIFERENTES VOLUMES DE BRITA PARA AUMENTAR A PERMEABILIDADE DE ÁGUA PLUVIAIS E EVITAR ENCHENTES NA CIDADE DE BAURU/SP** 2017. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

RESUMO

Para mitigar os impactos das inundações na tentativa de prover uma solução que atenda esse problema que acontece em grande parte das cidades brasileiras, determinar as propriedades hidráulicas do solo é fundamental para caracterizá-la e avaliar de forma adequada o meio ambiente físico. A correlação entre condutividade hidráulica e permeabilidade é uma das propriedades fundamentais na descrição dos processos de fluxo da água subterrânea no solo. O valor da condutividade hidráulica depende em sua maior medida da textura do solo e a sua composição granulométrica, o que nos leva a necessidade de se utilizar métodos laboratoriais, e de campo, que em geral nos requer um esforço experimental. O presente trabalho consiste na determinação da condutividade hidráulica de campo através do método de Permeabilidade com anéis duplos, para solos com diferentes porções granulométricas, procurando estabelecer uma relação entre a textura do solo e a condutividade hidráulica saturada de campo. Para a análise granulométrica foram coletadas amostras de solo e determinamos uma granulometria específica para determinar qual porção seria a adequada para substituição do solo aumentando a percolação das águas das chuvas.

Palavras-chave: Permeabilidade, Inundações, Drenagem.

ALVES, Marco Aurélio; CAMPOS, Felipe. **RATE AND SPEED OF WATER INFILTRATION BY THE RUBBER INFILTRATOR METHOD IN SANDY SOIL CONTAINING DIFFERENT BRITA VOLUMES TO INCREASE THE PERMEABILITY OF PLUVIAL WATER AND AVOID FLOODS IN THE CITY OF BAURU / SP 2017.** 45f. Course Completion Work (Undergraduate Degree in Civil Engineering) - FIB. Bauru, 2017.

ABSTRACT

In order to mitigate the impacts of floods in an attempt to provide a solution that addresses this problem that occurs in most Brazilian cities, determining the hydraulic properties of the soil is fundamental to characterize it and properly evaluate the physical environment. The correlation between hydraulic conductivity and permeability is one of the fundamental properties in the description of groundwater flow processes in the soil. The value of hydraulic conductivity depends to a greater extent on soil texture and granulometric composition, which leads us to the need to use laboratory and field methods, which usually requires an experimental effort. determination of the field hydraulic conductivity through the double ring Permeability method for soils with different grain sizes, trying to establish a relationship between soil texture and field saturated hydraulic conductivity. For the granulometric analysis soil samples were collected and we determined a specific granulometry to determine which portion would be adequate for soil replacement, increasing percolation of rainwater.

Keywords: Permeability, Flooding, Drainage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Cilindros de testes.....	25
Figura 2	- Cilindros de testes.....	26
Figura 3	- Balança.....	27
Figura 4	- Brita.....	28
Figura 5	- Brita + Solo.....	29
Figura 6	- Teste 1.....	30
Figura 7	- Cilindro interno.....	31
Figura 8	- Cilindros de testes.....	33
Figura 9	- Brita + Solo	35

LISTA DE TABELAS

	P.
Tabela 1 - Estação meteorológica automática mês outubro 2017	34
Tabela 2 - Resultado testes de solo.....	36
Tabela 3 - Resultado testes de solo 80% Solo 20% Brita.....	36
Tabela 4 - Resultado testes de solo 60% Solo 40% Brita.....	37
Tabela 5 - Resultado testes de solo 40% Solo 60% Brita.....	37
Tabela 6 - Resultado testes de solo 20% Solo 80% Brita.....	38
Tabela 7 - Resultado finais dos testes de solo.....	38
Tabela 8 - Peso dos agregados balde + brita.....	39
Tabela 9 - Peso dos agregados balde + solo.....	39
Tabela 10 - Peso do balde.....	40

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSS – Instituto Nacional de Seguridade Social

FIB – Faculdades Integradas de Bauru

WRI – Word Resources Institute

IPMET – Instituto de Pesquisas Meteorológicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivo geral	16
1.3	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Enchentes	17
2.2	Inundações	18
2.3	Inundações bruscas	18
2.4	Drenagem urbana	19
2.5	Sistemas de drenagem	19
2.6	Controle em drenagem urbana	20
2.7	Vantagens e desvantagens controle de drenagem urbana	20
2.8	Pavimentos permeáveis	21
2.9	Características do pavimento permeável	21
2.10	Escoamento superficial	21
2.11	Modelo Kostiakov	22
2.11.1	Determinação do Coeficiente de Permeabilidade do Solo	22
3	DESENVOLVIMENTO	23
3.1	Universo de pesquisa	23
3.2	Procedimento de realização da pesquisa	24
3.3	Técnica de Pesquisa	31
4	DESENVOLVIMENTO	32
4.1	Métodos	32
4.2	Técnicas	34
4.3	Coleta de dados	36

4.4	Amostragem	40
4.5	Tabulação dos dados	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
6	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

As zonas urbanas são áreas municipais que passaram pelo processo de urbanização, fomentado sobre tudo pela industrialização. Além disso, a densidade demográfica das áreas urbanas é superior à das zonas rurais. (As pessoas que vivem nas cidades constituem a comunidade urbana elas possuem diversas infraestruturas que muitas vezes, não são encontradas no campo: como ruas e avenidas asfaltadas, habitações, indústrias, hospitais, escolas, comércios, abastecimento de água, sistemas de esgoto, iluminação pública, dentre outros (PORTAL TODA MATÉRIA, 2017).

Segundo Pena (2016) o solo é simplesmente a camada superficial da Terra, conceituado como o substrato terrestre que contém matérias orgânicas que é capaz de sustentar plantas e vegetais sobre si em um ambiente aberto, sendo resultante do intemperismo e da decomposição das rochas. O material orgânico ou mineral inconsolidado na porção superior da crosta terrestre que serve de base para todas as atividades sócias espaciais e naturais.

Na superfície terrestre pode-se encontrar vários tipos de solo. Cada tipo possui características próprias, como densidade, formato, cor, consistência e formação química.(GIASSON, 2007;MORSELLI, 2010).

Ocorrendo chuvas intensas e em grandes períodos, acontecem as enchentes, formada devido a um grande volume e pouca vazão de água, excedendo a capacidade de escoamento e os rios ou córregos transbordam e invadem outros ambientes fora de suas margens (PORTAL PENSAMENTO VERDE, 2017).

As inundações urbanas podem ocorrer por diversos fatores, sendo os principais a ineficácia do sistema de drenagem e a construção de centros urbanos em terrenos que naturalmente são afetados pelas enchentes.

Promove-se a destruição da infraestrutura das cidades afetadas, como perdas agrícolas, propagação de doenças, gera desabrigados, feridos, mortos, etc. Essas inundações podem ser desencadeadas, em áreas com a consequência do mau planejamento urbano, além de inundações localizadas(CERQUERIA, 2010).

Drenagem é o escoamento das águas de terrenos encharcados por meio de tubos, túneis, canais, valas e fossos, sendo possível recorrer a motores como apoio ao escoamento. Os canais podem ser naturais (córregos) ou artificiais (de concreto simples, concreto armado ou gabião). Os sistemas de drenagem podem ser urbanos

ou rurais e visam a escoar as águas de chuvas e evitar enchentes(FERREIRA,1986).

Percolação é a transferência de água do solo para o aquífero mais profundo (reservatório de água subterrânea). Esta taxa de transferência é muito baixa quando existe pouca água no solo, aumenta para um valor máximo (igual a infiltração) quando o solo já está saturado. O solo quando já está saturado a percolação é igual a infiltração. A percolação, como a infiltração depende também da textura e da porosidade do solo. Por isso estes processos não devem ser alterados independentemente, também neste caso será usada uma tabela que relaciona a taxa de percolação com o conteúdo de água do solo (SGRILLO,2006).

Segundo ABESC Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (2011) as vantagens da percolação é a redução de enxurradas causadas pelas chuvas, visto que a água infiltra, desaparecendo da superfície do solo; proteção de riachos e lagos, que não receberão um excessivo fluxo de água nos momentos de chuvas intensas, nem receberão os poluentes carreados por ela, visto que estes serão filtrados pelo solo; restabelecimento do fluxo de água subterrâneo; a percolação permite a chegada de água e ar às raízes da vegetação.

Segundo Lalima (2016) o impacto da permeabilidade pode resultar em impactos ambientais negativos que precisam ser minimizados ou mesmo evitados. Alguns desses impactos é a alteração do regime hídrico dos córregos sendo que a drenagem facilita a saída de água que se encontra em excesso no solo. Este processo ocorre principalmente na época das chuvas e tende a aumentar a vazão dos córregos que recolhem água da área drenada durante este período. Em contrapartida, na época seca, o solo drenado não dispõe mais de excesso de água para fornecer ao córrego adjacente, de modo que a drenagem tende a aumentar a vazão dos córregos na época das chuvas e diminuí-la na época das secas, época em que mais é necessária a vazão nos córregos, em virtude da escassez, é importante lembrar que o volume total de água liberada anualmente por uma área drenada tende, pelo menos no princípio, a permanecer inalterado quando comparamos o volume antes e após a drenagem. A alteração que ocorre é o aumento do volume drenado na época chuvosa e a redução na época seca. É possível que a vazão de um córrego adjacente seja alterada, dizer que durante os meses de menor vazão, o efeito da drenagem é diminuí-la ainda mais dizendo o autor citado acima.

Com a diminuição do impacto do escoamento superficial vamos tentar reduzir o número de enchentes ou mitigar os danos causados a sociedade utilizando técnicas drenagem, através desse projeto será levantado a melhor combinação de materiais para se atingir o resultado ideal de percolação das águas das chuvas.

Será investigado o volume ideal necessária a ser drenado e a viabilidade para a sua execução, esse projeto veio de encontro a necessidade dos centros urbanos em reduzir gastos com danos e otimizar da melhor forma o dinheiro público, com um conceito de sustentabilidade e novas técnicas de substituição de solo.

1.1 Justificativa

A conceituação adotada pela UN-ISDR (2009) considera desastre como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos.

De acordo com IBGE (2014), constatou que as enxurradas atingiram 1.574 cidades (28,2% do total); e somaram 13.244 casos, resultando em 777,5 mil desabrigados ou desalojados; enquanto os alagamentos atingiram 2.065 municípios 37,1%, que resultaram em processos erosivos em 1.113, cidades (20% do total), com os escorregamentos e deslizamentos tendo atingido 895 dos município 16%.

Segundo um estudo divulgado pela Organização não governamental *World Resources Institute* WRI (ano), especializada em manejo sustentável de recursos naturais, as enchentes podem prejudicar até 400 mil pessoas até o ano de 2030.

1.2 Objetivo geral

Desenvolver uma mistura de solos e agregados e áreas de inundações, com a finalidade de aumentar a percolação das águas decorrentes das chuvas, a fim de se evitar enchentes e erosões que possam vir a causar prejuízos financeiros, sociais, a saúde e a vida.

1.3 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem a ênfase de analisar a percolação de água no solo, para analisarmos a quantidade de água absorvida da chuva vamos fazer teste de condutividade hidráulica do solo para analisar os dados.

Buscando os números detalhadamente do teste através do método apresentado, podemos esclarecer a quantidade de água absorvida pelo solo, e o que podemos fazer para mitigar este processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Enchentes

Segundo Tominaga (2011), o conceito de enchentes é caracterizado através da elevação do nível d'água no canal devido ao aumento da vazão, atingindo cota máxima sem extravasar. O mesmo autor conceitua a enxurrada como sendo o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associada a áreas de domínios dos processos fluviais. E a inundação abrange o transbordamento d'água do curso fluvial atinge a planície de inundação ou área de várzea. O alagamento é o acúmulo momentâneo da água em determinados locais por deficiência do sistema de drenagem.

Tucci (2008) aponta que a desorganização na implantação da infraestrutura urbana é também um fator de alteração das águas urbanas. Obras como pontes e taludes de estradas podem provocar a obstrução do escoamento.

Quando essa área do leito maior é ocupada por obras e/ou pessoas podem sofrer impactos socioeconômicos, caracterizando-se como um desastre natural (TUCCI, 2006; GOERL; KOBİYAMA, 2005).

É importante ressaltar que muitas vezes os desastres naturais ocorrem de maneira equivocada, como afirma Nascimento (2013), utilizando os termos enchente e inundação como sinônimos. Goerl e Kobiyama (2005) destacam que “quando as águas do rio elevam-se até a altura de suas margens, contudo sem transbordar nas áreas adjacentes, é correto dizer que ocorre uma enchente.

2.2 Inundações

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), ocorre quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoava para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia áreas próximas aos rios.

Segundo Castro (1996), esta inundação está associada a grandes rios, como o Nilo, o Amazonas, o Mississipi-Missouri. Consequentemente, esse tipo de inundação acaba possuindo uma sazonalidade e um período de retorno previsível. Contudo, nota-se que não são todas as inundações graduais que possuem sazonalidade, como no Amazonas e no Pantanal.

2.3 Inundações bruscas

Inundações bruscas são as que ocorrem repentinamente, com pouco tempo de alarme e alerta para o local de ocorrência. Como exemplo: em Santa Catarina, este tipo de inundação geralmente está associado a sistemas convectivos de mesa escala ou sistemas convectivos isolados (MARCELINO *et al.*, 2004).

De acordo com Castro (2003), inundações bruscas são aquelas provocadas por chuvas intensas e concentradas em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.

Kron (2002) comenta que as inundações bruscas não estão associadas apenas ao rápido fluxo de água em terrenos íngremes, mas também com inundações de áreas planas. Por causa da alta taxa de urbanização, que aconteceu nas últimas décadas, cidades de médio e grande porte, independente da declividade, vêm tendo locais de ocorrências de inundações com maior velocidade.

2.4 Drenagem urbana

Souza (2002) diz que a insustentabilidade se dá devida à impermeabilização de áreas cada vez maiores, com isso a necessidade que todo o sistema de drenagem tenha que ser revisto.

A drenagem urbana pode-se dividir em 3 fases distintas: Higienismo, Período da Racionalização e Período Científico. (PINTO; PINHEIRO, 2006).

2.5 Sistemas de drenagem

Tucci e Bertoni (2003, *apud* NETO, 2012) esclarecem que os sistemas de drenagem podem ser classificados em 3 tipos: na fonte, microdrenagem e macrodrenagem:

- **Drenagem na fonte:** São compostas por técnicas compensatórias como telhados verdes, pavimentos permeáveis e valas de infiltração. Elas visam reduzir o volume de água do sistema de drenagem logo na fonte.
- **Micro drenagem urbana:** É definida pelo sistema de condutos pluviais, relacionados aos loteamentos ou a rede primária urbana, propiciando a ocupação do espaço urbano ou perímetro urbano através de uma forma artificial de assentamento, adaptado ao sistema de circulação viária.
- **Macro drenagem urbana:** Conjunto de obras responsáveis pelo escoamento final das águas. Ela pode ser formada por: canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares, com o intuito de melhorar condições de escoamento, mitigar problemas de erosões, assoreamento e inundações.

2.6 Controle em drenagem urbana

Controle de drenagem urbana são ações que buscam mitigar os danos que a água causa, através de alagamentos, inundações, pelas enchentes e pela falta de recarga dos aquíferos. (CARVALHO; LELIS 2000 *apud* NETO, 2012)

Essas ações podem ser estruturais ou não-estruturais. Medidas não-estruturais podem incluir a criação de normas e regulamentos que disciplinam a ocupação e uso do solo, além da conscientização da população através da educação ambiental para que essas normas e regulamentos sejam cumpridos. (CARVALHO; LELIS, 2000 *apud* NETO, 2012).

2.7 Vantagens e desvantagens controle de drenagem urbana

As vantagens dos dispositivos que permitem maior infiltração e percolação são (URBONAS e STAHRÉ, 1993):

- Recarga do aquífero;
- Redução da ocupação da superfície em áreas com lençol freático baixo;
- Preservação e/ou aumento da vegetação natural;
- Redução dos picos de escoamento a jusante;
- Redução do escoamento de base em sistemas de tubos combinados;
- Utilização de tubos menores para água pluvial a custos inferiores.

As desvantagens dos dispositivos que permitem maior infiltração e percolação são (URBONAS E STAHRÉ, 1993; FUJITA, 1997):

- Grande número de instalações de infiltração e percolação não pode receber manutenção apropriada;
- Estruturas deficitárias decorrente do tempo de instalação e falta de manutenção pode levar as comunidades a ter enormes gastos no futuro, se esses sistemas vierem a falhar;
- O nível do aquífero pode aumentar o escoamento de base, podendo causar danos nas fundações das construções;
- Dificuldade de avaliar os efeitos positivos devido à complexidade do solo;
- Falta cooperação popular;
- Possível contaminação da água.

2.8 Pavimentos permeáveis

Segundo Acioli (2005), um dos requisitos que uma obra de pavimentação costuma ter é que o seu revestimento seja o mais impermeável possível. A impermeabilização é proteção contra o aumento de umidade, gerando a diminuição da capacidade de carga do solo, e evita-se a rápida degradação do revestimento, que fissuraria quando submetido à pressões devido à água.

O autor descreve que inicialmente, foi aplicado na França o pavimento com estrutura porosa entre 1945-1950.

2.9 Características do pavimento permeável

Segundo Pinto (ano, *apud* ASCE, 1992), pavimentos permeáveis são técnicas compensatórias em drenagem urbana que podem ser utilizadas principalmente em estacionamentos e ruas de tráfego leve (condomínios residenciais), bem como armazéns e arenas de esportes, por exemplo. Resultados satisfatórios em experimentos realizados na França desde a década de 80 é possível a aplicação desse tipo de pavimento em vias de tráfego médio a alto.

Os pavimentos permeáveis podem promover a recarga do lençol freático e a melhora significativa da qualidade da água que infiltra pelo subsolo, apesar de apresentar a possibilidade de contaminação do lençol freático provavelmente desprezível (PINTO, ano *apud* SCHUELER, 1987).

2.10 Escoamento superficial

As quatro fases do escoamento superficial são (BOUVIER, ano, 1990 *apud* GENZ, 1994):

- 1. Fase de embebição:** No começo da precipitação o escoamento é nulo até uma Duração t_e (tempo de embebição). Até então, as perdas são iguais ao volume de chuva e são constituídas do preenchimento das depressões naturais do solo e do volume infiltrado;

2. Regime transitório: Nesse momento é desenvolvido até o tempo t_m (tempo de entrada do regime permanente). Os valores da intensidade do escoamento $Q(t)$ são resultantes da superposição de três fenômenos:

- Diminuição contínua da intensidade de infiltração $F(t)$;
- Aumento da altura média da lâmina de água em movimento na superfície de parcela $D_m(t)$;
- Ocorre o aumento do armazenamento nas poças $S_i(t)$;

3. Regime permanente: Nesse momento t_m que marca o fim do regime transitório, o escoamento se estabiliza em um valor constante Q_x . O sistema está em equilíbrio, e as perdas são devido somente à infiltração de base;

4. Esvaziamento: Nessa fase é a onde acontece o esvaziamento da detenção móvel da superfície D_m depois do t_u (duração da chuva). O tempo da fase t_r corresponde ao tempo ocorrido entre t_u (duração da chuva) e o t_f (fim do escoamento da superfície). D_r é a detenção superficial recuperável do escoamento.

2.11 Modelo Kostiakov

O modelo de Kostiakov, descrito por Prevedello (1996), é um modelo para cálculo da infiltração acumulada e velocidade de infiltração onde os parâmetros utilizados não têm significado físico próprio e são avaliados a partir de dados experimentais.

2.11.1 Determinação do Coeficiente de Permeabilidade do Solo

As leituras foram iniciadas no tempo de um minuto sendo anotadas em uma planilha, cujos valores foram utilizados para construir as curvas de infiltração acumulada (I) e de velocidade de infiltração (VI). Deve-se ter em mente que quanto maior for a velocidade de infiltração de um solo, mais freqüentes devem ser as leituras.

Inicialmente, determinou-se a I. A velocidade de infiltração média (V_{Im}) é a I em um tempo, dividida pelo próprio tempo (**Equação 1**):

$$V_{Im} = (I/T) \times 60 \text{ (cm h}^{-1} \text{)}$$

A velocidade de infiltração acumulada (V_{Ia}) é o incremento de infiltração (ΔI) no intervalo de ΔT , dividido pelo intervalo de tempo (**Equação 2**):

$$V_{Ia} = (\Delta I / \Delta T) \times 60 \text{ (cm h}^{-1} \text{)}$$

Para descrever a I (Infiltração Acumulada) e a VI (Velocidade de Infiltração) da água no solo são utilizadas a Equação do tipo potencial e a equação tipo Kostiakov-Lewis. Considerando a equação potencial (**Equação 3**).

$$I = a T^n \text{ (cm)}$$

onde:

I = infiltração acumulada, em cm;

a = constante dependente do solo, adimensional;

T = tempo de infiltração em minutos;

n = constante dependente do solo, variando entre 0 e 1.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Universo de pesquisa

A pesquisa foi realizada através da internet e campo, parte teórica foi on line e a prática foi executada manualmente, o seu desenvolvimento foi através de testes, realizado nas Faculdades Integradas de Bauru – FIB na zona sul localizada na Rua José Santiago, Quadra 15 - Jardim Ferraz - Vila Ipiranga, Bauru – SP no laboratório de materiais 2, com o uso de ferramentas disponíveis do local, e a análise foi

realizada na área externa de acordo com as técnicas conhecidas e desenvolvidas pelos autores.

3.2 Procedimento de realização da pesquisa

Foram realizados quatro testes de infiltração no mesmo local utilizando cilindro infiltrômetro duplo com 40 cm de altura e 50 e 25 cm de diâmetro para os anéis interno e externo, respectivamente é o cilindro infiltrômetro com as dimensões padronizadas. O anel externo tem a finalidade de reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno. Assim, a água do anel interno infiltra no perfil do solo em direção predominante vertical, o que evita super estimativa da taxa de infiltração. Os cilindros com dimensões reduzidas e padronizadas foram posicionados a 5 cm de profundidade e durante os testes dentro do cilindro interno foi mantida uma carga de água constante de aproximadamente 19 cm em relação à superfície do solo, foi mantido o controle manual com a utilização de um balde que alimenta o cilindro interno e o externo.

Os tempos em minutos de cada leitura foram a cada 15, minutos a contar do instante zero e, com o tempo total de duração de cada teste de 135 minutos, e nos 5 ensaios consecutivos 135 minutos. Os testes foram realizados até que a taxa de infiltração, observada no anel interno, tornasse aproximadamente constante com o tempo. (O critério adotado neste trabalho para condição de taxa de infiltração constante foi quando o valor de leitura da carga de água no cilindro interno se repetiu pelo menos três vezes).

A infiltração da água no solo foi determinada “*in situ*” através do método do infiltrômetro de anel e empiricamente por meio de modelos proposto por Horton (1940), Kostikov (1932) e o Kostikov-Lewis (1945). Conforme os testes deste trabalho foram realizados com os seguintes cilindros como na Figura 1.

Figura 1 - Cilindros de teste



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Jogo de cilindros para fazer os testes, já posicionados para começar a execução no primeiro buraco com a profundidade do cilindro interno é de 0,30 cm e 0,20cm de diâmetro, sendo o primeiro teste com 80% solo e 20% brita, o cilindro do lado de fora serve para encher de água até o nível do cilindro interno, tendo a finalidade de reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno de baixo, localizado na área externa da Faculdades Integradas de Bauru FIB.

O cilindro interno conforme a figura 2 a e o primeiro a ser colocado, pois ele entra há 0,30 cm de profundidade no solo, a onde a água tem que percolar para podemos analisar o tempo, a quantidade do volume que foi absorvido pelo solo seco junto com a sua mistura selecionada.

Figura.2 Cilindros de teste



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Foi utilizada uma balança eletrônica conforme a figura 3 para fazer todas as pesagens, do balde, balde + o solo, balde + brita e das misturas solo + brita, o seu uso foi muito importante para nós termos um parâmetro, com a quantidade de cada tipo de matéria para ser calculada.

Figura.3 Balança



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Brita 1 figura 4 separada por quantidade de 80%, 60%, 40% e 20% para logo ser misturada com o solo, sendo utilizada para cada etapa do processo de percolação, o seu uso e muito importante pois ajuda a água a percolar mais rápido no solo através dos vãos quando é encaixada umas com as outras.

Figura.4 Brita



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Nesta etapa as partes já estão misturadas e separadas por quantidade sendo, 80% brita + 20% solo, 60% brita + 40% solo, 40% brita + 60% solo e 20% brita + 80% solo, já prontas para serem usadas nos testes, a sua mistura irá diferenciar qual tipo é mais apropriado para a percolação e o uso para ser implantado.

Figura.5 Solo + Brita (misturado)



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Sendo o primeiro teste figura 6 com 80% solo e 20% brita, com 9 litros de água e começamos a contar o tempo para verificar a quantidade de percolação no solo, determinamos um tempo de intervalo de 15 min para fazer a reposição de água até estabilizar com a diferença entre 0,050 ml há 0,100 ml que foi estipulado pelo nosso orientador, através de uma marca que fizemos no cilindro completamos com a água através de um copo medidor, assim temos a quantidade de percolação que ocorreu no primeiro tempo, neste teste ocorreu 9 reposições de água para estabilizar o encharcamento “percolação” com intervalos descritos acima.

Figura.6 Teste 1 - Solo



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Cilindro interno figura 7 com a marcação sendo esvaziado pela percolação, conforme o primeiro teste realizado e descrito acima.

Figura.7 Cilindro interno



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

3.3 Técnica de Pesquisa

A pesquisa foi constituída com furações escavadas no solo para ser realizado os testes das misturas (solo + brita + água) com anéis cilíndricos, analisando a percolação de água no solo com o tempo estimado de 15 min de intervalo sendo reabastecido, este processo e feito até estabilizar o encharcamento do solo perdendo a sua vazão.

4 DESENVOLVIMENTO

Esse Projeto tem o fim de determinar o coeficiente de permeabilidade à carga constante e à carga variável, com percolação de água através do solo.

Para a realização deste projeto utilizar-se diversas amostras para podermos obter:

- Quantidade de materiais.
- Tempo de percolação da água.
- Infiltração acumulada.
- Velocidade de infiltração.

A partir dos dados obtidos em laboratório, foram elaborados relatórios de Infiltração acumulada (Ia) e de Velocidade de Infiltração (VI), a fim de se estudar a viabilidade do projeto como técnica de controle de enchente.

Esta pesquisa tem a ênfase de analisar a percolação de água no solo, para analisarmos a quantidade água absorvida da chuva vamos fazer teste de infiltrômetro de anel do solo para analisar os dados.

Buscando os números detalhadamente do teste através do método apresentado, podemos esclarecer a quantidade de água absorvida pelo solo, e o que podemos fazer para mitigar este processo.

4.1 Métodos

Infiltrômetro de anel do solo que está na figura 8 é indispensável para qualquer análise que envolva o movimento da água no solo, seja para analisar a própria dinâmica da água ou transporte de elementos químicos, nutrientes e defensivos agrícolas, bem como seus impactos potenciais ao ambiente, também um dos principais parâmetros na determinação da capacidade de drenagem do solo, é constante para cada tipo de solo, sendo que, dependerá somente da textura e da estrutura do solo.

Figura.8 Cilindros de teste



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

Para complementar o estudo foi utilizado dados meteorológicos do IPMet – Bauru- SP para analisarmos os dias com a maior precipitação, velocidade e a temperatura máxima e mínima, segue a tabela abaixo com os dados. Os dados utilizados estão descritos na Tabela .

Os dados abaixo são do dia 01/10/2017 a 28/10/2017

O dia com maior precipitação acumulada neste período foi 02/10/2017 com 24.130mm.

O dia com a maior velocidade do vento neste período foi 26/10/2017 com 51.9km/h.

O dia com a maior temperatura neste período foi 13/10/2017 com 36.9°.

O dia com a menor temperatura neste período foi 24/10/2017 com 14.0°.

Tabela 1 – Estação meteorológica automática mês outubro 2017

Data	Chuva acumulada	Temp_max	Temp_min	Umidade_min	Vento_max
28/10/2017	0.254	29.9	17.0	48.9	36.7
27/10/2017	17.272	29.3	16.6	49.4	38.8
26/10/2017	3.302	27.0	17.9	54.1	51.9
25/10/2017	0.000	33.6	15.9	32.6	34.2
24/10/2017	0.000	30.0	14.0	42.0	34.9
23/10/2017	0.254	24.3	15.9	62.3	32.8
22/10/2017	17.018	21.9	17.3	79.8	26.1
21/10/2017	1.016	26.7	19.1	52.5	36.0
20/10/2017	0.000	30.6	20.8	43.5	35.3
19/10/2017	0.000	35.1	20.9	20.7	37.8
18/10/2017	0.000	34.7	18.9	26.0	28.6
17/10/2017	0.000	32.7	17.8	36.9	36.0
16/10/2017	0.000	30.3	16.2	41.9	38.4
15/10/2017	0.000	30.1	17.4	44.2	40.6
14/10/2017	0.000	36.6	21.3	21.6	37.8
13/10/2017	0.000	36.9	20.4	20.9	35.3
12/10/2017	0.000	36.3	20.5	24.6	29.3
11/10/2017	0.000	36.5	20.3	28.5	27.9
10/10/2017	0.000	36.2	20.7	26.9	29.3
09/10/2017	0.000	31.9	18.7	40.6	22.2
08/10/2017	1.016	28.4	17.5	51.4	35.6
07/10/2017	11.684	26.3	18.4	49.8	42.7
06/10/2017	0.000	33.9	20.1	29.8	31.4
05/10/2017	0.000	33.0	14.7	31.7	30.7
04/10/2017	0.000	27.7	14.0	27.0	37.4
03/10/2017	2.540	24.5	14.1	33.2	33.2
02/10/2017	24.130	21.8	16.1	66.7	50.1
01/10/2017	0.254	27.7	15.9	47.2	27.2

Fonte: IPMet - Bauru-SP

4.2 Técnicas

O recolhimento de amostras do solo destinadas a análise do infiltrômetro de anel carregada do solo, deve ser feita totalmente com o solo puro sem nenhuma sujeira, logo após tem que ser misturada com a brita em várias amostras, para fazer o teste de permeabilidade tem que abrir uma trincheira até a profundidade que se pretende amostrar 30cm, com o auxílio de uma cavadeira e uma pá, para

começarmos a fazer o teste devemos despejar a água nos dois cilindros externo e o interno. Quando despejamos a água no cilindro interno, devemos contar quantos litros de água foi para encher até determinada marca, começar a cronometrar para ter o resultado através do tempo, analisamos o tempo e quanto ml de água foi absorvido pelo solo, o tempo estimado de espera e de 15min determinado pelo nosso orientador, faremos o número de testes até que infiltração dê o resultado com pouca diferença em ml de água absorvida pelo solo.

Figura.9 Solo + Brita (misturado)



Fonte: Crédito dos autores – 2017.

É indispensável neste tipo de amostra manter a estrutura original do solo, por isso, as amostras devem ser devidamente misturadas com a brita, conservando assim cada tipo de amostras para ser utilizada.

- Amostra 1: 80% solo + 20% brita
- Amostra 2: 60% solo + 40% brita
- Amostra 3: 40% solo + 60% brita
- Amostra 4: 20% solo + 80% brita

4.3 Coleta de dados

Os dados coletados seguem nas tabelas abaixo para ser comparados.

TABELA 2- Resultados testes de solo

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

ANÉIS

TESTE 1 – SOLO

Tempo		Infiltração – I					Velocidade de infiltração (VI)	
Hora	Intervalo T (min.)	Acumulado T (min.)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada I (cm)	Vim	Via
20:00	0	0	12,7	-	-	-	-	-
20:15	15,000	15,000	7,660	12,700	5,040	5,040	39,47781	20,16
20:30	15,000	30,000	8,580	12,700	4,120	9,160	64,05594	16,48
20:45	15,000	45,000	8,520	12,700	4,180	13,340	93,94366	16,72
21:00	15,000	60,000	8,560	12,700	4,140	17,480	122,5234	16,56

Fonte: Crédito dos autores 2017.

TABELA 3- Resultados testes de solo

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

ANÉIS

TESTE 2 - 80% SOLO 20% BRITA

Tempo		Infiltração - I					Velocidade de infiltração (VI)	
Hora	Intervalo T (min.)	Acumulado T (min.)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada I (cm)	Vim	Via
21:25	0	0	12,7	-	-	-	-	-
21:40	15,000	15,000	7,160	12,700	5,540	5,540	46,42458	22,16
21:55	15,000	30,000	7,140	12,700	5,560	11,100	93,27731	22,24
22:10	15,000	45,000	7,240	12,700	5,460	16,560	137,2376	21,84
22:25	15,000	60,000	7,590	12,700	5,110	21,670	171,3043	20,44

Fonte: Crédito dos autores 2017.

TABELA 4- Resultados testes de solo

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

ANÉIS

TESTE 3 - 60% SOLO 40% BRITA

Tempo		Infiltração – I					Velocidade de infiltração (VI)	
Hora	Intervalo T (min.)	Acumulado T (min.)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada I (cm)	Vim	Via
19:45	0	0	12,7	-	-	-	-	-
20:00	15,000	15,000	4,350	12,700	8,350	8,350	115,1724	33,40
20:15	15,000	30,000	5,830	12,700	6,870	15,220	156,6381	27,48
20:30	15,000	45,000	6,380	12,700	6,320	21,540	202,5705	25,28
20:45	15,000	60,000	6,600	12,700	6,100	27,640	251,2727	24,40
21:00	15,000	60,000	6,740	12,700	5,960	33,600	299,1098	23,84

Fonte: Crédito dos autores 2017.

TABELA 5- Resultados testes de solo

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

ANÉIS

TESTE 4 - 40% SOLO 60% BRITA

Tempo		Infiltração – I					Velocidade de infiltração (VI)	
Hora	Intervalo T (min.)	Acumulado T (min.)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada I (cm)	Vim	Via
20:00	0	0	12,7	-	-	-	-	-
20:15	15,000	15,000	6,800	12,700	5,900	5,900	52,05882	23,60
20:30	15,000	30,000	7,800	12,700	4,900	10,800	83,07692	19,60
20:45	15,000	45,000	1,058	12,700	11,642	22,442	1272,703	46,568
21:00	15,000	60,000	8,010	12,700	4,690	27,132	203,236	18,76

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

TABELA 6- Resultados testes de solo

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

ANÉIS

TESTE 5 – 20% SOLO 80% BRITA

Tempo		Infiltração – I					Velocidade de infiltração (VI)	
Hora	Intervalo T (min.)	Acumulado T (min.)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada I (cm)	Vim	Via
21:00	0	0	12,7	-	-	-	-	-
21:15	15,000	15,000	8,210	12,700	4,490	4,490	32,81364	17,96
21:30	15,000	30,000	8,300	12,700	4,400	8,890	64,26506	17,60
21:45	15,000	45,000	8,300	12,700	4,400	13,290	96,07229	17,60
22:00	15,000	60,000	8,320	12,700	4,380	17,670	127,4279	17,52

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

TABELA 7- Resultados finais testes de solo

Mistura solo x brita (vol. x vol.)	Intervalo de tempo (minutos)	Tempo total (minutos)	Velocidade de infiltração acumulada (cm h ⁻¹)	Velocidade de infiltração média (cm h ⁻¹)
100% solo	15	60	122,52	17,48
80% x 20%	15	60	171,30	20,44
60% x 40%	15	60	251,27	33,60
40% x 60%	15	60	203,23	27,13
20% x 80%	15	60	127,43	17,67

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

TABELA 8- Peso dos agregados

PESO DOS AGREGADOS

BALDE + BRITA

QUANTIDADE	PESO LIQUIDO	PESO BRUTO
20%	4,132	4,910
40%	8,264	9,044
60%	12,396	13,176
80%	16,528	17,308
100%	20,660	21,440

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

TABELA 9- Peso dos agregados

PESO DOS AGREGADOS

BALDE + SOLO

QUANTIDADE	PESO LIQUIDO	PESO BRUTO
20%	3,454	4,234
40%	6,908	7,688
60%	10,362	11,142
80%	13,816	14,596
100%	17,270	18,050

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

TABELA 10- Balde

BALDE		
DIÂMETRO	ALTURA	PESO
25 CM	18,5 CM	0,780 Kg

Fonte: Crédito dos autores – 2017.

4.4 Amostragem

As amostras devem ser adicionadas no cilindro limpo até a marca estipulada, depois adicionar a água até o limite marcado, evitando de ser ultrapassado para o teste ser realizado com sucesso.

4.5 Tabulação dos dados

No ensaio da análise da condutividade hidráulica carregada do solo utiliza-se o método infiltrômetro de anel.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo, de Kostiakov apresentou valores estimados da velocidade de infiltração, podemos concluir que a utilização de brita em mistura com o solo favorece a infiltração de água pelo perfil do solo, entretanto até o volume de 40% de brita, pois, volumes maiores prejudicaram a infiltração, tal fato deve ocorrer devido quanto maior o volume de brita menos solos se têm e o mesmo possui alta porosidade por ser um solo arenoso, e o excesso de brita reduz a porosidade da mistura.

Constatou-se também que os valores de permeabilidade atendem o objetivo do projeto, pois as taxas de infiltração com a nossa mistura de solo são maiores do que o maior dia de precipitação constatado no mês de outubro, sendo possível a mitigação das ações das águas das chuvas, é necessário um estudo mais apurado para a determinação da área necessária para e para essa percolação.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a utilização de brita em mistura com o solo favorece a infiltração de água pelo perfil do solo, entretanto até o volume de 40% de brita, pois volumes maiores prejudicaram a infiltração, tal fato deve ocorrer devido quanto maior o volume de brita menos solos se têm e o mesmo possui alta porosidade por ser um solo arenoso, e o excesso de brita reduz a porosidade da mistura.

REFERÊNCIAS

ABCP, 2010, **Melhores Práticas Pavimento Inter travado Permeável**. 1 ed. São Paulo, ABCP. Abesc. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008096.pdf>>. Acesso em: março 12 de mar de 2017

ACIOLI, L. A., 2005, Estudo **Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte**, Dissertação de M.Sc., IPH/ UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

ARAÚJO, P. R. (1999). **Análise Experimental da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução do Escoamento Superficial**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Rio Grande do Sul, RS.

Argila in Artigos de apoio Infopédia [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2017. Disponível na Internet: <[https://www.infopedia.pt/\\$argila](https://www.infopedia.pt/$argila)>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

ASCE (1992). Design and Construction of Urban Storm water Management Systems. **American Society of Civil Engineers, E.U.A., 724p.**

BOUWER, H. (1986) “**Intake Rate: Cylinder Infiltrometer.**” In: Klute, A. (ed.) Methods of Soil Analyses. 2º Edição. Madison, Visconsin, E.U.A., 825-844.

CARVALHO, J. C. de; LELIS, A. C. **Cartilha de Infiltração** – Volume 2. Série Geotecnia UnB. Brasília, 2010.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Volume 1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 182 p., 1996.

CETESB **Drenagem Urbana**: Manual de Projeto. 2º edição. Departamento de águas e energia elétrica. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1980.

DARCOSO, D. Disponível em: <www.pensamentoverde.com.br/.../principais-causas-das-enchentes-e-suas-consequencia> Acesso em: 12 de mar de 2017.

DUARTE, M. Artigo revisado em 07/04/17. Disponível em: <<https://www.todama.com.br/zona-rural-e-zona-urbana/>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

FERREIRA, A .B. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2ª edição. Rio de Janeiro. Nova Fronteira. 1986. p. 611.

FRANCISCO, W. C. **Erosão**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/erosao.htm>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

FRANCISCO, W. C. **Inundações Urbanas**; Brasil Escola. Disponível em : <[Http://brasilecola.uol.com.br/geografia/inundacoes-urbanas.htm](http://brasilecola.uol.com.br/geografia/inundacoes-urbanas.htm)>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

FREITAS, E. **Chuvas e precipitações**; Brasil Escola. Disponível em : <<http://brasil.escola.uol.com.br/geografia/chuvas-precipitacoes.htm>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

FUJITA, S. **Measures to promote stormwater infiltration**. Water Science and Technology, Vol. 36, nº 8-9, pp. 289-293, 1997.

GENZ, F. **Parâmetros para Previsão e Controle de Cheias Urbanas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Rio Grande do Sul, RS, 1994.

GEORGAKAKOS, K. P. **On the design of natural, real-time warning systems with capability for site-specific, flash-flood forecast**. Bulletin American Meteorological Society, v 67, n.10, pp. 1233-1239, 1986.

GIASSON, E. Morfologia do Solo Agrolivros; **Ciências da Terra, Geologia**, Morselli, Tânia B. G. A. Biologia do Solo Uni Pelotas; Geologia. Disponível :<http://www.suapesquisa.com/pesquisa/tipos_solo.htm>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: () **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 16., 2005, João Pessoa., Anais...2005.Porto Alegre: ABRH. 10p. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf> Acesso em: 28 jun. 2012.

IPMet. Disponível em:< https://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&abre=ipmet_html/estacao/index_zero.php

KRON, W. Keynote lecture: **Flood risk = hazard x exposure x vulnerability**. Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, pp 82-97., 2002.

LIMA, L.C. Disponível em: <<http://www.lalima.com.br/lalima/arquivos/teoria1.pdf>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

LIMA, R. E. Da Redação - Revista Vida Simples - 11/2007. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteudo_260146.shtml>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

LIRA, D. Disponível em: <<http://geohistoriaenvolvente.blogspot.com.br/2013/02/o-que-e-precipitacao-atmosferica.html>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F. **Distribuição espaço-temporal de inundações e, Santa Catarina (período 1980-2003)**. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004 (CD-ROM)

MARCHIONI, M., SILVA, C.O, 2010, **Dimensionamento de Pavimentos Intertravados Permeáveis**. 40ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26-28 outubro 2010.

MORALES, Paulo Roberto Dias. **Curso de Drenagem Urbana e Meio ambiente**. Instituto Militar de Engenharia – IME. Rio de Janeiro, 2003.

NASCIMENTO, D. J. F. **Análise dos desastres noticiados na mídia por meio do jornal impresso de Guarapuava-PR**. Guarapuava-PR. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

NETO, Pedro de Souza Garrido. **Telhados Verdes** associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: Projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil. 2012. 168f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

NWS/NOAA - NATIONAL WEATHER SERVICE/**NATIONAL OCEANIC ATMOSPHERIC ADMINISTRATION**. (2004). Glossary. Disponível em : <<http://www.nws.noaa.gov/glossary>> Acesso em dezembro de 2004).

PENA, RFA; Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia-solo.htm>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

PINTO, L. H., PINHEIRO, S. A. **Orientações Básicas para drenagem urbana**. 1 ed. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. 255p. Tese doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., Martins, J. A. e Gomide, F. L. S. (1976). **Hidrologia Básica**. São Paulo, Editora Blucher. Rio de Janeiro, Fundação Nacional de Material Escolar. 278p.

PORTAL TODA MATERIA. **Animais em extinção no brasil**, 2016. Disponível em: <www.todamateria.com.br/animais-em-extincao-no-brasil/> Acesso em: 04 ago. 2017

PORTAL PENSAMENTO VERDE. **Principais causas das enchentes e suas consequências**. 2013. Disponível em: <www.pensamentoverde.com.br/.../principais-causas-das-enchentes-e-suas-consequencia> Acesso em: 02 ago. 2017.

PREVEDELLO, C. L. **Física do Solo com Problemas Resolvidos**. Curitiba: Editora SAEAFS, 1996.

ROLA, S. M. **A naturezação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: Estudo da capacidade do sistema de naturezação em filtrar a água de chuva**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, abr. 2008.

SANTOS, A. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/para-cada-tipo-de-concreto-um-tipo-de-brita/>>. Acesso em: 12 de mar de 2017.

SGRILLO, R. Disponível em: <<http://www.sgrillo.net/sysdyn/bacia.htm>> Acesso em: 12 de mar de 2017.

SILVEIRA, A. L. L. da. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão**. 1 ed. 70 f. Apostila do curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisa Hidráulicas, 2002.

SOUZA, V.C.B. (2002). **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Rio Grande do Sul, RS.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.) **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 1.ed/2° reimpressão. São Paulo: Instituto Geológico, 196 pp., 2011.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das águas pluviais urbanas**. IN: Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Saneamento para todos. Brasília: Ministério das Cidades, v. 4. 194p., 2006.

TUCCI, C.E.M. **Inundações e drenagem urbana**. In: Tucci, C.E.M., Bertoni, J.C. (eds.) Inundações Urbanas Na América do Sul. ABRH, Porto Alegre, Brasil, 45-150, 2003.

TUCCI, C.E.M. **Águas Urbanas. Estudos Avançados** (USP. Impresso), v.22, p.97-112, 2008.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL do RIO GRANDE do SUL, **Fundo Setorial de Recursos Hídricos** (CNPq) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2002.

URBAN DRAINAGE and FLOOD CONTROL DISTRICT **Urban Storm Drainage Criteria Manual**. Vol.3 – Best Management Practices. Urban Drainage and Flood Control District, Denver, Colorado, E.U.A., irregular pages, 2002.

URBONAS, B.; STAHR, P. **Stormwater Best Management Practices and Detention**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p. Urbonas, Ben R. e Roesner, L. A. (1993). "Hydrological design for urban drainage and flood control." In: MAIDMENT, D. R. (ed.) **Handbook of Hydrology**. McGraw-Hill, New York, E.U.A., 28.1-28.52., 1993.

VARGAS, R. M. A. **Permeabilidade**. Disponível em: <www.ufrj.br/institutos/it/deng/rosane/.../permeabilidade%20do%20solo.ppt>. Acesso em: 12 de mar de 2017.