



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Tema:

Estudo Preliminar do Escoamento Superficial Para um Sistema de Drenagem no
bairro de Bunhiça, Cidade da Matola

Curso: Licenciatura em Engenharia Rural com Especialização em Água e Saneamento

Autor:

Amilton da Lina Chicuava

Vilankulo, Maio de 2014

Amlton da Lina Chicuava

Tema:

Estudo Preliminar do Escoamento Superficial Para um Sistema de Drenagem no
bairro de Bunhiça, Cidade da Matola

Trabalho de culminação do curso apresentado no
departamento de Engenharia Rural para obtenção do grau
de Licenciatura em Engenharia Rural
com Especialização em Água e
Saneamento

Supervisor:

dr. Edgar Faria, Msc.

UEM - ESUDER

Vilankulo

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Amilton da Lina Chicuava**, declaro por minha honra que o presente trabalho é resultado de uma pesquisa por mim feita e nunca foi publicado ou apresentado para obtenção de qualquer grau.

Autor

(Amilton da Lina Chicuava)

Supervisor

Presidente do júri

Oponente

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra a minha família, em especial ao meu pai Aminosse Elias Chicuava e minha mãe Aulina Calalo Tuzine, pela confiança, força, segurança e ensinamentos dados, essa vai para vocês "vos amo". A todos os meus irmãos em particular Elsa Aminosse Chicuava, Arcenia de Tucha Chicuava, Adérito Aminosse Chicuava, Onésimo Aminosse Chicuava e Noémia Aminosse Chicuava pelo amor, acompanhamento, apoio, carinho e confiança que sempre depositaram em mim durante toda minha vida estudantil, vocês fazem parte do meu coração. Sem esquecer do meu grande amigo de todos momentos Fiado José Baloi pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho, te amo amigo.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio e colaboração de um grande número de pessoas, que directa ou indirectamente ajudaram na realização do mesmo, e a quem quero expressar o meu sincero agradecimento.

A Deus pela vida, saúde, determinação, superação, fé e por me manter forte sempre.

Aos meus Pais, irmãos e todos os meus familiares pelo carinho, compreensão, apoio e por estarem sempre ao meu lado incentivando-me, e acima de tudo pela educação, sem esquecer da minha namorada Benilde Macuacua pelo incentivo, apoio e puxão de orelhas dadas para que mais me empenhasse na realização deste trabalho.

Aos irmãos da Igreja Evangélica do Bom Pastor que dia e noite prostravam suas orações em meu nome para que os meus estudos corressem bem.

A Universidade Eduardo Mondlane e a todo corpo docente pela formação profissional e oportunidade de realizar o curso de Engenharia Rural com Especialização em Água e Saneamento.

Ao Msc. Edgar Faria, pela orientação na execução deste trabalho e contribuição na formação académica; ao Eng. Maiquel pela assistência disponibilizada na escolha do tema para a realização do trabalho.

A Salima Manusse pelo acompanhamento, apoio e confiança depositada durante a carreira estudantil.

A toda equipe do Conselho Municipal da Matola por ter me concebido o estágio, e em especial o Eng. Elton Zambeze pelo auxílio nas longas e cansativas jornadas de campo durante a execução deste trabalho.

Aos colegas Engenheiros do curso pela contribuição na formação e convívio durante a jornada, em particular Fidel Tambo, Inayat Kan, Joaquina Muchico e a toda turma de Água e Saneamento.

Lista de figuras

Figura 1: Ilustração da tendência da ocupação e impacto.....	8
Figura 2: Conduto Aberto com Formato Trapezoidal.....	13
Figura 3: Secção Transversal Trapezoidal.....	14
Figura 4: Ilustração do Perímetro Molhado.....	14
Figura 5: Tubo Parcialmente Cheio Acima da Metade.....	16
Figura 6: Ábaco para Determinação do Tempo de Concentração.....	21
Figura 7: Exemplo de curva I-D-F com duração de 1 dia.....	24
Figura 8: Gráfico absoluto das precipitações médias.....	28

Lista de tabelas

Tabela 1: Parâmetros A, B, C Para a Equação de Intensidade 21

Tabela 2: relação do período de retorno segundo as características da área 21

Lista de abreviaturas

PDDU: Plano Director de Desenvolvimento Urbano:

Ha: hectares:

I-D-F: intensidade – duração – Frequência

SIG: Sistema de Informação Geográfica

Símbolos

m/s: metros por segundo

m³/s: metro cúbico por segundo

mm/h: milímetros por hora

%: por cento e/ou percentagem

Km²: quilómetros quadrados

Glossário

Vazão: Volume dum fluido que, numa unidade de tempo, se escoia através de determinada secção transversal de um conduto ou curso de água.

Chuva torrencial: chuva temporária e violenta.

Córregos: rios de pequeno caudal

Ábaco: quadro de curvas que permite a determinação de certas grandezas pela intersecção dos traçados;

Pluviógrafos: Instrumento que regista a quantidade, duração e intensidade da chuva caída em determinado lugar.

Resumo

O escoamento superficial da água pluvial sobre o solo dá origem a linhas de água que por sua vez causam impactos negativos na vida da população devido a perdas económicas, sociais e ambientais que se verificam com a sua ocorrência. No bairro de Bunhiça, quando chove com maior intensidade e frequência verifica-se ocorrência de inundações e graves impactos destas devido a falta de ordenamento territorial e construção desordenada de infra-estruturas causadas pelo crescimento demográfico. O presente trabalho dá ênfase ao estudo preliminar do escoamento superficial da água pluvial para um sistema de drenagem na Cidade da Matola concretamente no bairro Bunhiça com objectivo de apresentar critérios de dimensionamento dum sistema de drenagem urbana pelo método racional. Os procedimentos utilizados para a realização deste trabalho vão desde a consulta bibliográfica de obras, consultas na internet, aquisição de dados de precipitação no Instituto Nacional de Meteorologia e uma colecta de dados no campo conciliadas na observação participativa e observação directa sobre o local em estudo onde com estes procedimentos foi possível concluir que o período crítico de ocorrência de inundações é o Verão, isto é, meses que vão desde Outubro à Março e que o uso do método racional para apresentação do critério de dimensionamento de sistema de drenagem é o mais adequado para a área em estudo por esta ser menor a 2km². A integração da drenagem visa melhorar a gestão do escoamento superficial da água pluvial de modo a não comprometer a vida da população residente com a ocorrência de inundações podendo desta forma trazer uma melhoria nas condições ambientais proporcionando uma óptima qualidade de vida.

Índice

Titulo	Página
CAPITULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema.....	2
1.2. Justificativa.....	3
1.3. Objectivos.....	5
1.3.1. Objectivo Geral.....	5
1.3.2. Objectivos Específicos	5
CAPITULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2. Escoamento superficial.....	6
2.1. Factores que influenciam o escoamento superficial	6
2.1.1. Factores Climáticos	7
2.1.2. Factores fisiográficos.....	7
2.1.3. Factores Antropogênico.....	8
2.2. Inundações urbanas e Impactos sobre a População	9
2.3. Estratégia de gestão para a prevenção e mitigação de inundações.....	10
2.3.1. Acções estratégicas sobre as zonas inundáveis	11
2.4. Sistema aberto	12
2.5. Conduto fechado.....	15
2.6. Métodos de dimensionamento de sistemas de drenagem	16
2.6.1. Deflúvio superficial directo	16
2.7. Métodos Analíticos.....	17
2.8. Desenvolvimento do Método Racional	17
2.8.1. Aplicação	18
2.8.2. Fórmula.....	18
2.8.3. Tempo de Concentração	19

2.8.4. Intensidade Média das Precipitações	20
2.8.5. Período de Retorno	21
2.8.6. Curvas de Intensidade de Precipitação – Duração e Frequência (I-D-F)	21
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	24
3. Descrição da área de estudo.....	24
3.1. Estrutura Urbana e Rural da Cidade da Matola.....	24
3.2. Métodos e técnicas de recolha de dados.....	25
3.3. Requisitos a cumprir nos procedimentos de dimensionamento.....	26
CAPITULO IV: DISCUSSÃO DE RESULTADOS	27
4. Critérios de projecto e procedimentos de dimensionamento.....	28
4.1. Passos de cálculo para o dimensionamento da rede	28
CAPITULO V: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	31
5. Conclusão	31
5.1. Recomendações	32
6. Referências bibliográficas	33

CAPITULO I: INTRODUÇÃO

Segundo ASCE (1992), o crescimento urbano das cidades tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos vêm deteriorando a qualidade de vida da população, devido ao aumento da frequência e do nível das inundações, prejudicando a qualidade da água, e aumento da presença de materiais sólidos no escoamento pluvial. Estes problemas são desencadeados principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem: falta de planejamento, controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados.

Segundo AUGUSTO (2008), quanto maior for a transformação das superfícies do terreno devido a construção de infra-estruturas, tornando-as menos permeáveis à infiltração das águas e diminuindo a capacidade de retenção natural, maior será a parcela contribuinte para os escoamentos superficiais e, maior a probabilidade de alagamentos e inundações.

Para TUCCI & GENZ, (1994), o escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados: Inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido a urbanização. As inundações devido a urbanização aumentam a sua frequência e magnitude devido a impermeabilização, ocupação do solo e a construção da rede de condutos pluviais; enquanto que as inundações ribeirinhas ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio escoar pelo seu leito maior. Este tipo de enchente é decorrência de processo natural do ciclo hidrológico.

Quando a população ocupa o leito maior para habitação, onde este constitui a área onde ocorre as enchentes e que é área de risco, os impactos são frequentes e prejudiciais a essa mesma população assim como ao meio ambiente em que essa população se encontra (TUCCI & GENZ, 1994).

As águas pluviais têm potencial para fornecer benefícios concretos para uma cidade quando medidas de uso e reúso da água forem adoptadas. Esta pode servir para satisfazer as necessidades básicas de consumo pois é uma fonte alternativa de água, pode ser usada em actividades de irrigação criando um aumento das áreas verdes urbanas assim como lavagem de carros diminuindo a demanda de água potável. Entretanto, para identificar tais oportunidades a cidade precisa compreender a relação das águas pluviais com outros sectores de gestão urbana (TUCCI, et al., 1993).

Segundo LOU (2010), a variabilidade espacial e temporal dos fenómenos naturais leva, frequentemente, ao uso de modelos matemáticos, comumente empregados na engenharia com o objectivo de representar, da melhor forma possível, a natureza. A partir dos resultados obtidos em modelos, é possível ter um melhor entendimento do que acontece na bacia hidrográfica, e, desta forma, a interpretação desses resultados poderá ser útil no estabelecimento de directrizes de qualquer plano de intervenção na bacia.

Em última análise, os estudos hidrológicos e ambientais servem como instrumentos para o planeamento urbano e regional da bacia hidrográfica. A avaliação dos estudos de cheias, sob o ponto de vista da medição é onde são verificados os valores extremos de vazão ou nível da inundação, isto é, são verificados os valores de medição da altura ou nível da água precipitada no solo e sob o ponto de vista da quantificação dos correspondentes impactos tem como ponto de partida as observações regulares de chuva e vazão onde estes permitem uma análise lógica do impacto criado e posteriormente a facilidade de adoptar medidas de drenagem para a minimização da ocorrência dos mesmos. Em 1850, surgiu o método racional, criado por MULVANEY, que consiste na determinação da vazão de pico, com base em dados de precipitação e área e usos do solo da bacia contribuinte (LOU, 2010).

Este trabalho, visa dar ênfase as questões relacionadas com o estudo preliminar do escoamento superficial da água pluvial de modo a aliviar os impactos por estes causados ao meio urbano, com vista a melhorar a qualidade de vida da população residente em zonas de risco na cidade da Matola/província de Maputo, com a prática de mecanismos de prevenção e mitigação assim como apresentar critérios para um dimensionamento de um sistema de drenagem urbana usando o método racional.

1.1. Problema

A vulnerabilidade ambiental das populações é hoje facto notório entre profissionais da iniciativa privada, da comunidade científica e gestores públicos, decorrente de um crescimento urbano sem a adequada harmonia com os corpos hídricos e com o meio ambiente. Actualmente, os problemas ambientais são a maior causa para o surgimento ou desencadeamento de problemas de ordem social no que concerne a ocupação de zonas de

risco pela população, onde o resultado é um elevado e crescente número de casos de inundações, perdas materiais, prejuízos à saúde humana e aos cofres públicos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

A implantação das áreas urbanas tem várias consequências, sendo que uma das mais directas é a impermeabilização, que provoca a diminuição da capacidade de infiltração e, logo, o aumento do escoamento superficial, factor que tem grande influência no incremento de inundações em meio urbano (MATOS, 2000).

O crescimento demográfico no bairro de Bunhiça favorece a ocupação de zonas de riscos pela população. A ocupação dessas zonas traz graves consequências na vida da população quando se verifica ocorrência de precipitação de longa duração pois essas encontram-se a jusante. Com a chuva, no acto do escoamento superficial da água muitos danos são observados desde a ocorrência da erosão, danificação de infra-estruturas, desalojamento da população e o mais agravante é a retenção da água nas superfícies mais baixas causando deste modo inundações que desencadeia uma outra série de tragédias, neste caso, doenças relacionadas a deficiente saneamento devido a águas paradas.

Com os problemas de inundações, onde estes constituem a maior causa para a sucessão de prejuízos materiais, económicos e vidas humanas, surge necessidade de dar resposta a seguinte questão: **como minimizar a ocorrência de inundações nas zonas baixas cidade da Matola (Bunhiça) quando se verificar a ocorrência de precipitações intensas (maior intensidade) e extensas (longa duração)?**

1.2. Justificativa

A criação de mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e pequenas correntes de água não permanente em áreas urbanas é de extrema relevância para a minimização dos impactos de inundações. Este planeamento visa evitar perdas económicas, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, dentro de princípios económicos, sociais e ambientais definidos pelo

Plano director de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Nesse contexto, expõe-se a importância de se promover pesquisas, políticas e planos de desenvolvimento urbano para aprimorar a articulação do uso e ocupação do solo com a gestão das águas pluviais visando uma gestão sustentável da drenagem urbana. Com o estudo preliminar do escoamento superficial para um sistema de drenagem no bairro de Bunhica uma série de problemas relacionados com o escoamento superficial e inundações podem ser minimizados e conseqüentemente prejuízos económicos, sociais e ambientais assim como o risco de contaminação devido ao saneamento por doenças de veiculação hídrica são reduzidos o que acaba gerando um conforto para as populações em risco.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo Geral

- Estudar o Escoamento Superficial Para um Sistema de Drenagem na Cidade da Matola.

1.3.2. Objectivos Específicos

- Analisar os períodos críticos de ocorrência das inundações;
- Apresentar critério para o dimensionamento de um sistema de drenagem.

CAPITULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. escoamento superficial

O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento da água na superfície da terra. Tem origem, fundamentalmente, nas precipitações e constitui, para o engenheiro de água, a mais importante das fases do ciclo hidrológico, uma vez que a maioria dos estudos está ligada ao aproveitamento da água superficial e à protecção contra os fenómenos provocados pelo seu deslocamento que vão desde a erosão do solo até a inundação podendo estes serem os efeitos mais danosos causando a instabilidade da população devido a perdas económicas, sociais e ambientais que se verificam com a ocorrência de escoamento superficial da água quando as precipitações são intensas e extensas (TUCCI, 1993).

Para a ocorrência do escoamento superficial consideram-se os seguintes factos:

- Quando uma chuva atinge uma determinada área, parte de suas águas é interceptada pela vegetação (e outros obstáculos), de onde se evapora posteriormente. O restante atinge a superfície do solo (durante a chuva, é razoável admitir-se que as quantidades evaporadas ou evapotranspiradas são desprezíveis). Do volume que atinge a superfície do solo, parte é retido nas depressões do terreno, parte se infiltra, e o restante escoar pela superfície. O escoamento pela superfície do terreno acontece após a intensidade da precipitação superar a capacidade de infiltração do solo e depois que os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos. Os espaços nas superfícies retentoras são espaços resultantes da desuniformidade do solo que permitem o acumulo da água ao longo da superfície e que quando preenchidos ou saturados favorecem a ocorrência de escoamento superficial da água (TUCCI, 2009).

2.1. Factores que influenciam o escoamento superficial

Os principais factores que influenciam no escoamento superficial considerados por TUCCI, et al, (1993), são:

- Climática (relacionado à precipitação);
- Fisiográficos (relevo da bacia);
- Antropogênico (realização de obras hidráulicas).

2.1.1. Factores Climáticos

Segundo TUCCI (1993), os factores de natureza climática que influenciam o escoamento superficial resultam das características de intensidade e duração da precipitação, bem como da ocorrência de uma precipitação anterior. Quanto a essas características, pode-se afirmar que:

- Quanto maior a intensidade da precipitação, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração pois este atinge a saturação em menos tempo provocando um excesso de precipitação que poderá, então, escoar superficialmente;
- A duração da precipitação tem influência directa no escoamento superficial, pois, para chuva de intensidade constante, haverá tanto mais oportunidade de ocorrer escoamento quanto maior for a duração da chuva; quando a precipitação for de intensidade constante a capacidade de infiltração da água precipitada no solo depende da duração da chuva e quando se verificar chuva de longa duração o surgimento do escoamento superficial da água é notório pois o solo atinge a sua capacidade de infiltração com o tempo.
- A precipitação que ocorre quando o solo está húmido (devido a uma chuva anterior) terá maior chance de produzir escoamento superficial. Quando o solo encontra-se húmido devido a precipitação anterior, quando se verificar uma posterior precipitação o solo atinge a saturação em menos tempo e deste modo origina a ocorrência do escoamento superficial.

2.1.2. Factores fisiográficos

GONÇALVES (2008), sustenta que os factores fisiográficos mais importantes que influenciam o escoamento superficial são a área e a forma da bacia hidrográfica, a permeabilidade e a capacidade de infiltração do solo e a topografia da bacia.

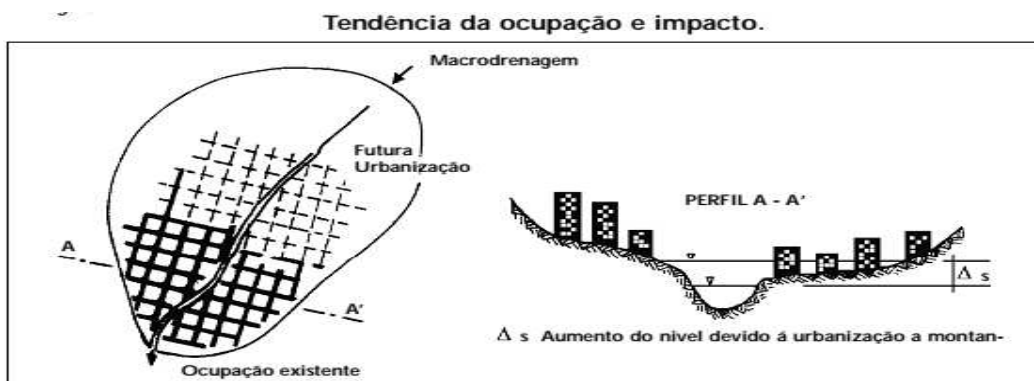
- A influência da área da bacia é óbvia, pois esta é a colectora da água de chuva: quanto maior a sua extensão, maior a quantidade de água que pode captar.
- Na análise da influência da forma da bacia hidrográfica sobre o escoamento superficial gerado por uma dada chuva pode-se dizer que as bacias compactas tendem a concentrar o escoamento no canal principal que drena a bacia, aumentando os riscos de inundação.
- A permeabilidade do solo influi directamente na capacidade de infiltração, isto é, quanto mais permeável for o solo, maior será a velocidade com que ele pode absorver a água e, logo, maior a quantidade de água que penetrará pela superfície do solo por unidade de tempo – o que diminui o escoamento superficial.

➤ O efeito da topografia sobre o escoamento superficial se faz sentir, principalmente, através da declividade da bacia, da presença de depressões acumuladoras na superfície do solo, bem como do traçado e da declividade dos cursos de água que drenam esta bacia. Bacias íngremes produzem escoamento superficial mais rápido e mais volumoso, por ser menor a chance de infiltração. Já a presença de depressões acumuladoras de água retardam o escoamento superficial, que passa a ocorrer somente após terem sido excedidas estas capacidades retentoras.

2.1.3. Factores Antropogênico

- Obras Hidráulicas construídas na bacia e construção desordenada de infra-estruturas.
- Uma barragem, acumulando a água em seu reservatório, reduz as vazões máximas do escoamento superficial e retarda a sua propagação para jusante.
- A rectificação de um rio produz um efeito inverso ao da barragem; em um curso de água rectificado tem-se aumentado a velocidade do escoamento superficial.

Figura 8: Ilustração da tendência da ocupação e impacto



Fonte: TUCCI (2009)

2.2. Inundações urbanas e Impactos sobre a População

Segundo TUCCI (2004), a inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto as cidades ou qualquer aglomeramento urbano. A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio e indústria. Estes eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios.

Para TUCCI & GENZ (1994), quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoar para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso do volume que não consegue ser drenado ocupa as valas de drenagem inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função do processo natural do ciclo hidrológico. Este tipo de inundação é denominado de inundação ribeirinha.

Os principais impactos sobre a população são:

- Prejuízos de perdas materiais e humanas;
- Interrupção da actividade económica das áreas inundadas;
- Contaminação por doenças de veiculação hídrica como Leptospirose, cólera, entre outras;
- Contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros (SUDHERSA, 2002).

Na medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo processo natural. Esta inundação é devido a urbanização.

O processo de urbanização tem, portanto, várias consequências, entre as quais se destacam, nesta análise, a degradação do solo e o incremento de inundações.

TUCCI (2004), sustenta que a retirada da cobertura vegetal/florestal, vem acrescer a sua influência à dos factores geológicos, para condicionar a rapidez do escoamento superficial. Afirma também que quando se mexe no solo, retirando-lhe a sua protecção natural, verifica-se imediatamente que ele fica desprovido de protecção ficando sujeito à acção das gotas de água em alturas de precipitações aumentando ou intensificando a probabilidade de ocorrência de efeitos relacionados com as inundações.

Segundo PEDRON (2004), o processo de urbanização provoca a compactação do solo, diminuindo a sua porosidade, diminuindo a sua capacidade de infiltração. Assim, o escoamento superficial substitui a infiltração, podendo deste modo criar maior vulnerabilidade na ocorrência de inundações devido a impermeabilidade do solo, em outra perspectiva, GOUDIE (1990), sustentou que em áreas urbanizadas, o incremento no pico de cheia está intimamente relacionado com a existência de sistemas de drenagem urbana que aceleram o escoamento superficial, apenas transferindo a inundação para outro local para jusante.

2.3. Estratégia de gestão para a prevenção e mitigação de inundações

Segundo SAMUELS (2000), a exposição de uma comunidade ou empreendimento ao risco de inundação é uma combinação de dois factores: a probabilidade de ocorrência de inundação na área e a vulnerabilidade da área a consequências indesejáveis e perdas económicas causadas pelas inundações.

A estratégia de prevenção e mitigação das inundações apresentada neste trabalho é direccionada a zona em estudo podendo ser implementada em outras zonas com características semelhantes.

Reconhecendo que as inundações e os seus efeitos destruidores agravam a situação da pobreza absoluta no país, para a prevenção e mitigação deste fenómeno é de grande ênfase dar sustento aos seguintes objectivos:

- Reduzir o número de vítimas humanas e perda de propriedade;
- Consolidar a cultura de prevenção;
- Dotar o país de acções de prevenção e de mitigação.

Deste modo, pode-se combater as inundações em duas frentes: uma que actue na diminuição da ocorrência (medidas estruturais) e outra que busque a redução das perdas (não estruturais).

2.3.1. Acções estratégicas sobre as zonas inundáveis

As acções podem ser divididas em quatro grupos dos quais:

Mitigação das cheias

A estratégia tradicional de mitigação das cheias é materializada pelas medidas estruturais como a construção das barragens e criação de albufeiras, a construção de diques e de estruturas de contenção de cheias, a modificação dos leitos fluviais, o desvio de caudais de cheia e a colocação de descarregadores de caudais. A aplicação das medidas estruturais modifica o volume da cheia, o seu nível máximo, o tempo de subida da mesma e a sua duração total, a extensão da zona inundada, e a velocidade e a profundidade da inundação (SUDHERSA, 2002).

Diminuição o impacto das cheias

As cheias continuam a provocar grandes danos, com consequências gravosas para as pessoas e para as comunidades. Por este motivo, a estratégia para a mitigação dos danos das cheias inclui acções para a assistência das pessoas e das comunidades, para a preparação, para a sobrevivência e para a recuperação após as inundações não controladas. Para estes objectivos são exemplos de instrumentos, a disseminação da informação adequada, a educação e a diluição dos danos económicos ao longo do tempo. Os seguros, os ajustamentos dos impostos e taxas, a preparação de planos de emergência, os sistemas de avisos, são tudo exemplos de acções que conduzem a uma adequada estratégia global (MATOS, 2000).

Diminuição da vulnerabilidade

A estratégia para diminuir a vulnerabilidade é evitar as utilizações perigosas como a construção de infra-estruturas de protecção contra inundações em locais inadequados, não económicas, indesejáveis ou estúpidas das zonas inundáveis. As medidas não estruturais para modificar a vulnerabilidade ganharam importância durante os últimos 20 anos. Entre as medidas, a regulamentação das zonas inundáveis deve ser uma das que deve ser dada uma preferência especial. Isto reforça a necessidade de desenvolver regras robustas e eficazes para a gestão das cheias e das inundações (SAMUELS, 2000).

2.4. Sistema aberto

Segundo SOUZA (2000), o melhor sistema de drenagem é aquele que evacua a água o mais rápido possível. Existem vários sistemas de drenagem que se podem aplicar na evacuação da água em zonas de ocorrência de inundações, em destaque, abordaremos apenas dois sistemas nos quais se resumem em sistema aberto e sistema fechado (tubular). Os drenos abertos são valetas com secção transversal no formato trapezoidal, de paredes inclinadas, conforme ilustrado na figura abaixo.



Figura 9: Conduto Aberto com Formato Trapezoidal

Fonte: ASCE, (1992).

Segundo TUCCI (2004), para o dimensionamento deste tipo de sistema há necessidade de conhecer de acordo com as condições topográficas o comprimento da base (B) do canal que se pretende desenhar dado em metros, assim como a talude, onde este constitui a possível condução da água a uma determinada lâmina de água no canal; o coeficiente de rugosidade de Manning dado por n (ver tabela 4), ilustrando os valores de Manning segundo a natureza das paredes. Deve-se conhecer a altura a se adoptar para o canal e conhecer a pendente do terreno.

Observando o esquema representado dum corte transversal de canal trapezoidal podemos observar as suas componentes a tomar em consideração e as formulas a usar para a determinação do caudal a ser evacuado junto com a sua velocidade.

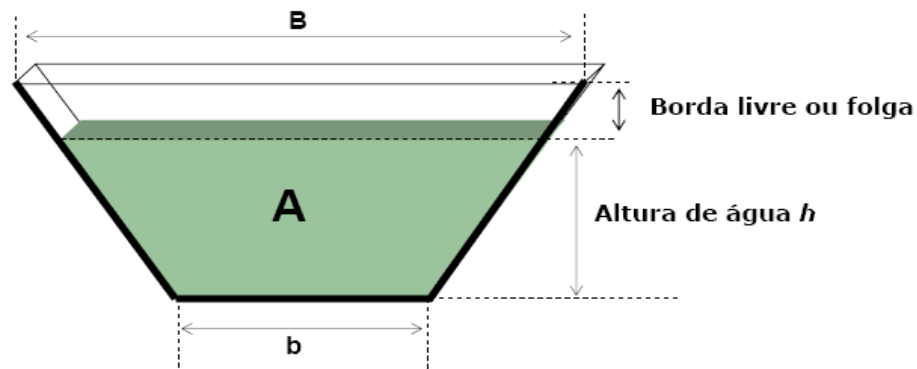


Figura 10: Seção Transversal Trapezoidal

Fonte: APWA, (2000).

Elementos característicos

Área molhada: compreende a área do canal que se encontra submersa a água e ela pode ser obtida com a seguinte expressão:

$$A = h \times (b + m \times h) \quad (1)$$

Perímetro molhado P_m : é a linha que limita a seção molhada junto às paredes e ao fundo do canal, como ilustra a figura.

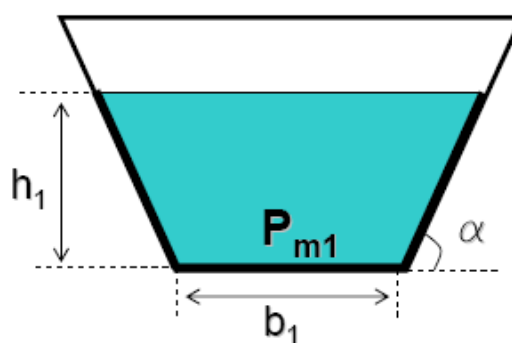


Figura 11: Ilustração do Perímetro Molhado

Fonte: APWA, (2000).

Pode ser obtido com a expressão:

$$P_m = b + 2 \times h \sqrt{1 + m^2} \quad e \quad m = \frac{1}{\tan \alpha}; \quad (2) \quad \text{onde } m \text{ é a talude.}$$

Raio hidráulico é a relação entre a secção molhada A e o perímetro molhado P_m , a expressão numero 3:

$$Rh = \frac{A}{P_m}$$

Determinação da Velocidade media de evacuação de agua pela equação de velocidade de Manning dada pela expressão:

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} \sqrt{S} \quad (4) \quad \text{Onde:}$$

V: velocidade média na secção transversal

S: declive no fundo do canal

Rh: raio hidráulico

n: coeficiente de rugosidade de Manning

Determinada a velocidade de escoamento segue-se a determinação do caudal pela equação de Manning dada:

$$Q = \frac{A R h^{2/3} \sqrt{S}}{n} \quad (5)$$

Onde:

Q: caudal (m^3/s);

A: área de secção transversal (m^2);

Rh: raio hidráulico (m);

S: declividade do fundo (m/m); n: coeficiente de rugosidade de Manning, o coeficiente de rugosidade, em geral, é de 0,017.

2.5. Conduto fechado

APWA (2000), sustenta que o dimensionamento de um sistema de drenagem fechado tem em conta os mesmos componentes com os do dimensionamento do conduto aberto e o que diferencia estes é o facto de este conduto fechado ser um sistema subterrâneo necessitando o uso de tubulações para a drenagem da água e que este sistema fechado, acarreta mais custos para a sua implantação.

Segundo ERNESTO (s/d), para o bom funcionamento deste sistema de drenagem deve se conhecer o diâmetro (D) das tubagens a usar, deve se conhecer a intensidade (mm/h) e a velocidade real (m/s^2) das águas antes de entrar no sistema de drenagem, deve se conhecer a área total (há) na qual se pretende instalar o sistema e se for a tratar-se das águas pluviais deve se saber o tempo de retorno (anos) assim como o tempo (min) que a o fluxo de água levará para entrar no colector da água.

Fluxo em condutos fechados.

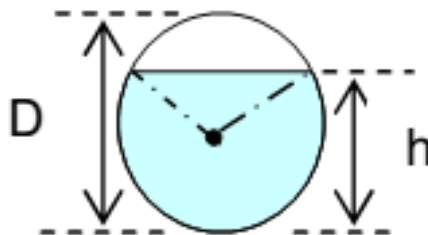


Figura 12: Tubo Parcialmente Cheio Acima da Metade.

Fonte: APWA, (2000).

A área molhada é determinada pela expressão:

$$Am = \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) \cdot D; \theta = RAD$$

Perímetro molhado:

$$Pm = \frac{\theta \cdot D}{2}$$

Raio hidráulico:

$$Rh = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \cdot D$$

Segundo APWA, (2000), o fluxo em tubagens é projectado para sistemas pluviais para funcionar parcialmente cheio. Normalmente se conhece a relação entre o caudal de desenho e o caudal a tubo cheio (q / Q) e se deseja achar a relação entre a velocidade real e a velocidade a tubo cheio (v / V). A solução a este problema se pode obter em forma tabela. (**ver anexo 3**).

2.6. Métodos de dimensionamento de sistemas de drenagem

Segundo TUCCI (1995), para o dimensionamento de sistemas de drenagem é de muita importância conhecer a quantidade da vazão gerada pelo deflúvio superficial directo (escoamento superficial da água) na área em estudo.

2.6.1. Deflúvio superficial directo

Para TUCCI & GENZ (1994), denomina-se deflúvio superficial directo o volume de água que escoar da superfície de uma determinada área devido a ocorrência de uma chuva torrencial sobre aquela área. A determinação precisa deste volume de água conseqüentemente, acarretará condições para que sejam projectadas obras dimensionadas adequadamente, alcançando-se os objectivos pretendidos com a implantação de qualquer sistema de drenagem indicado para a área. Para determinação desse volume, vários métodos são conhecidos, os quais podem ser classificados nos grupos abaixo:

- a) Medições directas;
- b) Processos comparativos;
- c) Métodos analíticos;
- d) Fórmulas empíricas.

TUCCI (1995), defende que as medições directas e processos comparativos restringem-se mais para determinações de vazões em cursos de água perenes tais como córregos, pequenos canais, ficando praticamente sem utilização em projectos de micro-drenagem em geral.

Para TUCCI (1995), as fórmulas empíricas são resultantes de equacionamento de um grande número de observações sendo, por isso, bastante confiáveis, mas de utilização restrita a localidade de origem das observações ou regiões similares. Procedimentos mais frequentemente empregados, tanto para obras de micro-drenagem como para de macro-drenagem, são os de natureza analítica, visto que trazem na sua definição estudos matemáticos/empíricos que promovem maior credibilidade aos seus resultados. Diante do exposto os métodos analíticos é que serão objecto de estudos a seguir.

2.7. Métodos Analíticos

Segundo CCN (1991), os métodos analíticos são classificados da seguinte forma:

- **Método Racional**

Para obras de micro-drenagem o método mais empregado em todo o mundo ocidental é o Método Racional, por ser o de mais fácil manipulação, mas, devido a sua natureza simplificada da tradução do fenómeno, não é recomendável para o cálculo de contribuições de bacias com áreas superiores a 2,0 km². Para essas bacias justifica-se uma análise muito cuidadosa, pois a simplificação dos cálculos poderá acarretar obras super ou subdimensionadas do ponto de vista hidráulico.

- **Método do Hidrograma Unitário**

Recomenda-se que para obras de drenagem de áreas de contribuição superiores a 200 hectares seja utilizado o Hidrograma Unitário Sintético, desde que a elaboração do mesmo seja baseada em dados obtidos através de análises da área em estudo.

- **Análise Estatística**

A Análise Estatística é recomendada para cursos de águas de maior porte, onde a área de contribuição seja superior a 20 km², servindo essencialmente para previsão dos volumes de cheias. A limitação do método está na exigência de um grande número de observações bem como na sua alteração presente ou futura das características da área contribuinte, pois os dados obtidos anteriormente tornar-se-iam obsoletos.

Sendo assim conclui-se que o Método Racional deva ser objecto de estudo mais detalhado a seguir, por ser este o indicado para projectos de micro-drenagem em geral.

2.8. Desenvolvimento do Método Racional

As referências mais antigas sobre esta técnica datam de fins do século XIX, na Inglaterra (PORTO, 1995), sendo também chamado de fórmula de Lloyd Davis (RAUDKIVI, 1979). O método racional é, certamente, o mais difundido na prática para a determinação de vazões de pico em pequenas bacias, como por exemplo, no caso do dimensionamento de redes de drenagem de águas superficiais (PINTO et al., 1975). A grande aceitação do método deve-se à

sua simplicidade e aos seus resultados, que costumam ser satisfatórios, desde que respeitadas as condições de validade.

2.8.1. Aplicação

Originário da literatura técnica norte-americana (Emil Kuichling - 1890) o Método Racional traz resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias (áreas com até 2,0 km²), de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como da inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza. Segundo PINTO (1995), menores erros funcionais advirão da maior acuidade na determinação dos coeficientes de escoamento superficial e dos demais parâmetros necessários para determinação das vazões que influirão directamente nas dimensões das obras do sistema a ser implantado.

2.8.2. Fórmula

Segundo CCN (1991), O Método Racional relaciona axiomáticamente a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 2,78 \times C \times I \times A \quad (1)$$

Onde: **Q** - deflúvio superficial directo em (m³/s);

C - coeficiente de escoamento superficial;

i - intensidade média de chuva para a precipitação ocorrida durante o tempo de concentração da bacia em estudo, em milímetro por minuto;

A - área da bacia de contribuição em hectares.

Segundo TUCCI (1995), o método presume como conceito básico, que a contribuição máxima ocorrerá quando toda a bacia de montante estiver contribuindo para a secção em estudo, implicando que o deflúvio seja decorrente de uma precipitação média de duração igual ao tempo de concentração da bacia e que esta é uma parcela da citada precipitação.

O coeficiente **C** engloba vários factores, não só a relação entre o volume de água escoada e a precipitação (ou seja, o coeficiente de escoamento propriamente dito) mas também efeitos, mais ou menos importantes, de retenção, regolfo e atraso do escoamento superficial ao longo do terreno, linhas de água naturais e colectores. Todos estes efeitos dependem não só das características físicas e de ocupação da bacia mas, também, designadamente do estado de humidade do solo e da duração e distribuição da precipitação antecedente (CCN, 1991).

Segundo CCN (1991), as hipóteses de base do método residem no conceito de tempo de concentração e na linearidade da relação precipitação útil ($C \times I$) – caudal (Q). O tempo de concentração é definido, como se sabe, como o tempo dispendido no percurso de água precipitada, desde o ponto mais afastado da bacia até a secção em estudo.

Da hipótese de linearidade resulta que a ocorrência do caudal de ponta coincide com o instante em que a totalidade da bacia está a contribuir para o escoamento, ou seja, ao fim de um intervalo de tempo igual ao tempo de concentração, t_c . O valor da intensidade de precipitação a considerar é, assim, o valor da intensidade média máxima para uma duração igual ao tempo de concentração. Como este valor está sempre associado a uma frequência de ocorrência (ou período de retorno T), ao valor do caudal máximo está implicitamente associado a mesma frequência.

2.8.3. Tempo de Concentração

Segundo TUCCI (1995), conceitua-se tempo de concentração como o espaço de tempo decorrido desde o início da precipitação torrencial sobre a bacia até o instante em que toda esta bacia passa a contribuir para o escoamento na secção de jusante da mesma. Em um sistema de galerias corresponde a duas parcelas distintas, sendo a primeira denominada de "tempo de entrada", ou seja, tempo necessário para que as contribuições superficiais atinjam a secção inicial de projecto, enquanto que a segunda corresponde ao tempo gasto pelo escoamento através dos condutos, a partir do instante em que toda a bacia passa a contribuir para a secção em estudo.

Esta parcela é denominada de "**tempo de percurso**". O tempo de percurso, como o próprio conceito mostra, tem cálculo puramente hidráulico, visto que o mesmo é função das velocidades nos trechos de montante, enquanto que o tempo de entrada depende essencialmente da conformação superficial da bacia, variando inversamente com a intensidade

de chuva. Deve-se observar também que o escoamento superficial torna-se mais veloz a medida que se aproxima dos pontos de colecta ou em superfícies impermeabilizadas. Frequentemente o tempo de entrada, embora de determinação difícil, tem valor entre 10 e 30 minutos. Ver figura 6 correspondente ao ábaco para determinação desse tempo (TUCCI, 2004).

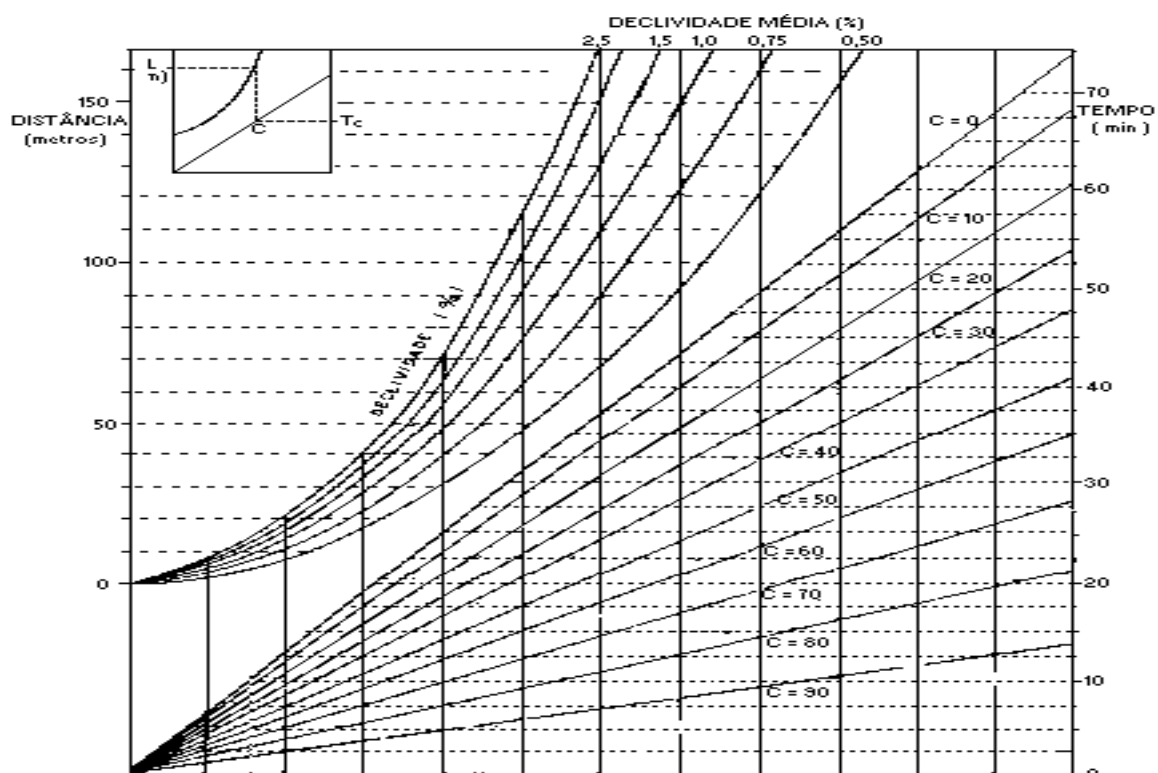


Figura 13: Ábaco para Determinação do Tempo de Concentração

Fonte: Adaptado de TUCCI, (2004).

2.8.4. Intensidade Média das Precipitações

No dimensionamento de sistemas de drenagem define-se intensidade de chuva como a quantidade de água caída na unidade de tempo, para uma precipitação com determinado período de retorno e com duração igual ao tempo de concentração. No caso do dimensionamento de galerias a intensidade de chuva é determinada a partir da equação de chuva adoptada, onde a duração corresponde ao tempo de concentração e a intensidade a obter-se será a média máxima.

Tabela 1: Parâmetros A, B, C Para a Equação de Intensidade

T	A	B	C	R ²
2	668.00	9.400	.9000	.9966
5	761.00	4.310	.8709	.9968
10	828.00	0.483	.8584	.9981
20	1016.77	-1.3066	.8681	.9990
50	1312.19	-3.3982	.8840	.9990
100	1523.37	-4.9508	.8892	.9980

Fonte: *TUCCI (1995)*

2.8.5. Período de Retorno

Os sistemas de micro-drenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 2, 5 ou 10 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar. A seguir esta apresentada em tabela a relação do tempo de retorno de acordo com a ocupação da área:

Tabela 2: relação do período de retorno segundo as características da área

Ocupação da área	Período de Retorno (em anos)
Residencial	02
Comercial	05 a 10
Terminais rodoviários	05 a 10
Aeroportos	02 a 05

Fonte: *TUCCI, (1995).*

2.8.6. Curvas de Intensidade de Precipitação – Duração e Frequência (I-D-F)

Segundo TUCCI (2009), Para a elaboração de projectos na área de drenagem urbana, o conhecimento adequado das precipitações máximas, que são normalmente determinadas a partir de relações Intensidade-Duração-Frequência, é muito importante. Uma das relações mais utilizadas em hidrologia para medir as chuvas máximas de um ponto numa bacia

hidrográfica é a chama curva IDF (intensidade – duração – Frequência). Esta curva relaciona a intensidade máxima da chuva (mm/h) com a sua duração no tempo (minutos) e a sua probabilidade ou tempo de retorno (probabilidade em % ou anos). Esta função é utilizada para estimar a erosão do solo, para drenagem de forma geral, determinar vazões de projecto para pequenas bacias e apoiar a determinação para bacias maiores.

Curvas IDF representam as quatro características fundamentais das chuvas: intensidade, duração, frequência e distribuição. Para a determinação desta relação é necessária uma série histórica das precipitações máximas de um posto pluviométrico. As IDFs são usadas para a determinação da chuva de projectos utilizadas no dimensionamento de projectos de obras de engenharia (TUCCI et al., 1995).

O dimensionamento de obras hidráulicas em geral, tais como galerias de águas pluviais, canais de drenagem, entre outros, depende fundamentalmente do conhecimento das características das precipitações intensas, de curta duração (TUCCI, 2009).

Segundo (TUCCI, 2004), Para certa intensidade de chuva, constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a máxima vazão a ser verificada em uma secção, corresponde a uma duração de chuva igual ao “tempo de concentração da bacia”, a partir da qual a vazão é constante. Assim, o dimensionamento das obras hidráulicas exige o conhecimento da relação entre a intensidade, a duração e a frequência da precipitação.

As relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações intensas, devem ser deduzidas a partir das observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo suficientemente longo, para que seja possível considerar as frequências como probabilidades. Essas relações se traduzirão por uma família de curvas intensidade duração, uma para cada frequência, ou período de retorno (TUCCI, 2004).

As grandezas intensidade e duração são inversamente proporcionais e a relação entre elas pode ser obtida da análise de registos pluviográficos. Os dados de chuvas intensas são obtidos, sob a forma de pluviogramas, ou seja, diagramas de precipitação acumulada ao longo do tempo (TUCCI, 2009).

As durações usuais utilizadas nos projectos são de 5, 10, 15, 30 e 45 min e 1, 2, 3, 6, 12 e 24 horas. Os limites de duração são fixados em 5 minutos e 24 horas, pois 5 minutos representam

o menor intervalo em que se pode ler, com precisão adequada, nos registos considerando pluviógrafos convencionais (EESC-USP, 2011).

Para durações maiores que 24 horas, podem ser utilizados dados observados em pluviômetros.



Figura 14: Exemplo de curva I-D-F com duração de 1 dia

Fonte: Adaptado de TUCCI, (2004).

CAPITULO III: METODOLOGIA

3. Descrição da área de estudo

Aspectos Geográficos

Bunhiça é um dos bairros da cidade da Matola capital da província de Maputo, apresentando um Clima tropical seco, o período mais quente do ano compreende os meses de Novembro a Abril e o mais frio os meses de Maio a Outubro. O período de maior precipitação ocorre nos meses mais quentes, entre Novembro e Março, Está situada a uma altitude média de 47 metros, Os limites do município se encontram entre as latitudes 25° 49' 09" S (extremo norte) e 26° 05' 23" S (extremo sul) e as longitudes 33° 00' 00" E (extremo leste) e 32° 26' 15" E (extremo oeste). Solo argiloso e compacto e sem vegetação, com uma determinada pendente e apresenta infra-estruturas de forma desordenada. Com uma área aproximada a 2km² e uma população estimada em 3.6022 três milhões e seis mil e vinte e dois habitantes e refere-se ao senso de 2007. O Bairro Bunhiça é de característica urbana e apresenta uma distribuição não equitativa dos espaçamentos em arruamentos. Este encontra-se limitado a norte e nordeste o bairro de Machava, a nordeste do bairro da Liberdade, a este e sudoeste do bairro Infulene. (INE, 2010).

3.1. Estrutura Urbana e Rural da Cidade da Matola

Cerca de 39% da população da Matola vive na zona urbana, 14% na zona rural e os restantes 47% ao nível da zona peri-urbana. O processo de urbanização na Matola caracteriza-se por apresentar aspectos fundamentais, o aumento da proporção da população residente nas áreas urbanas, especialmente devido a migração campo-cidade, como consequência dos diferentes níveis de desenvolvimento, seca, pobreza rural, a situação político militar, o crescimento do espaço físico das cidades e perspectivas para um futuro melhor (INE, 2010).

A cidade da Matola, apresenta estes aspectos com um certo grau de relevância pelo facto de constituir uma alternativa devido aos índices de saturação que a Cidade de Maputo apresenta no que concerne ao aumento do espaço físico. Em termos comparativos, a população urbana da Matola, ocupa o segundo lugar no conjunto do país, perfazendo uma média de 12% depois de Maputo que tem 25% da população total. A Matola urbana é constituída por 10 bairros, nomeadamente: Matola A, Matola B, Matola C, Matola C, Matola D, Matola F, Matola G, Matola H, Matola J, Fomento e Liberdade. A Matola rural é constituída pelos bairros

Mussumbuluco, Malhanpsene, Sikwama, km15, Matlemele, Cobe, Matola gare, Singathele, Khongolote, Intaka, Muhalaza, 1º de Maio, Boquisso B, Boquisso A, Mali, Mukatine, Ngolhoza (INE, 2010).

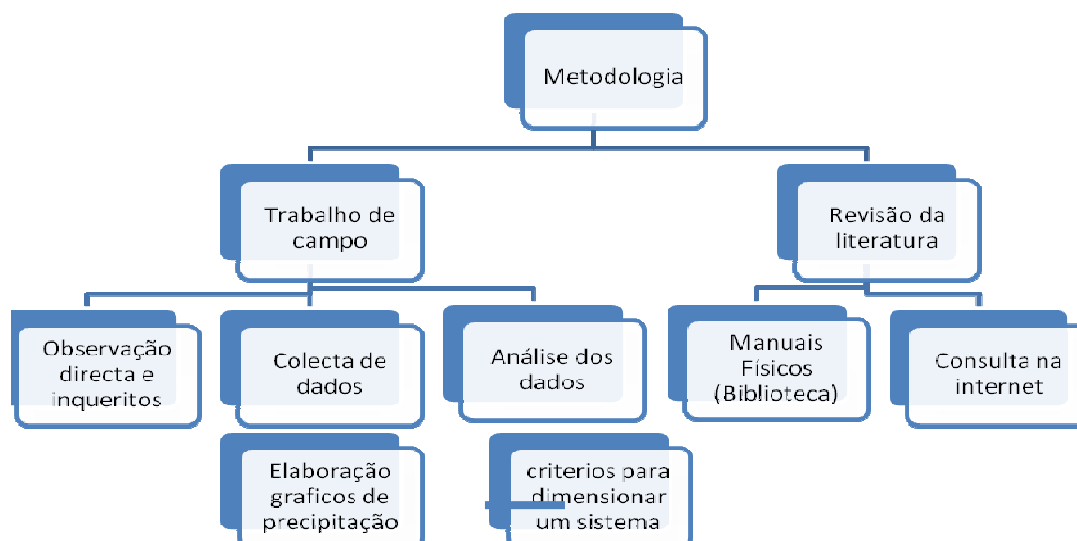
3.2. Métodos e técnicas de recolha de dados

Para a realização deste trabalho foram utilizados vários procedimentos. Dentre os quais a revisão bibliográfica de obras que abordam acerca de escoamento superficial da água incluindo os seus impactos aquando da sua ocorrência.

A revisão bibliográfica é vantajosa na medida em que desenvolve, esclarece e modifica conceitos e ideias, permitindo a formulação precisa de problemas pesquisáveis, proporcionam uma visão geral acerca de determinados factos.

A segunda fase compreendeu na aquisição de dados em campo de modo a facilitar na tomada de decisão sobre os métodos ou as formas de minimizar os impactos causados pelo escoamento superficial da água pluvial na área em estudo. Para a aquisição desses dados foi necessária a integração de um estágio profissional que compreendeu no seguinte:

Fluxograma



A colecta de dados foi feita usando os seguintes métodos e técnicas:

- **Observação participativa**

Segundo MARTINS (2007), na técnica de pesquisa qualitativa, os pesquisadores emergem no mundo dos sujeitos observados, tendendo a entender o comportamento dos informantes, suas próprias situações e como constroem a realidade em que actuam. É uma estratégia que combina ao mesmo tempo a participação activa dos sujeitos.

A observação directa permitiu observar o local da pesquisa desde a disposição e o tipo de habitação, estilo de vida, identificação do tipo de solo assim como o espaçamento entre as ruas existentes no bairro de modo a facilitar no cálculo das variáveis em estudo assim como na delimitação do espaço a realizar ou a construir o sistema de drenagem.

Os dados de precipitação foram disponibilizados pela INAM (Instituto Nacional de Meteorologia).

3.3. Requisitos a cumprir nos procedimentos de dimensionamento

Os critérios de projecto de redes de drenagem de águas pluviais, no domínio deste trabalho, são idênticos aos descritos nos documentos de concepção de sistemas de drenagem de Águas Residuais Comunitárias e pluviais e projecto de sistemas de drenagem de Águas Residuais Comunitárias, nomeadamente no que se refere aos aspectos associados ao escoamento hidráulico (fórmulas do escoamento, condições de auto-limpeza, altura de escoamento e velocidade máxima) e ao traçado em planta e em perfil longitudinal.

No entanto, na quantificação de alguns desses critérios para o dimensionamento de redes de drenagem de águas pluviais, foram considerados os critérios:

- A velocidade de escoamento máxima admissível é de 5 m/s, dado que se considera que o caudal máximo de dimensionamento ocorre com pouca frequência;
- A altura máxima de escoamento deve ser igual ao diâmetro do colector (escoamento a secção cheia);
- O poder de transporte mínimo deve situar-se entre 3 a 4 N/m², para a secção cheia.

CAPITULO IV: DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com os dados apresentados no quadro 1 (Anexos 3), foi desenvolvido o gráfico absoluto das precipitações médias anuais (1998-2007) ilustrando o comportamento das precipitações, na parte vertical do gráfico estão representados os valores referentes as precipitações em (mm) e na parte horizontal os meses de sua ocorrência. Encontra-se também em (Anexos) os gráficos relativos das precipitações referentes a cada ano de acordo com a sua ocorrência.

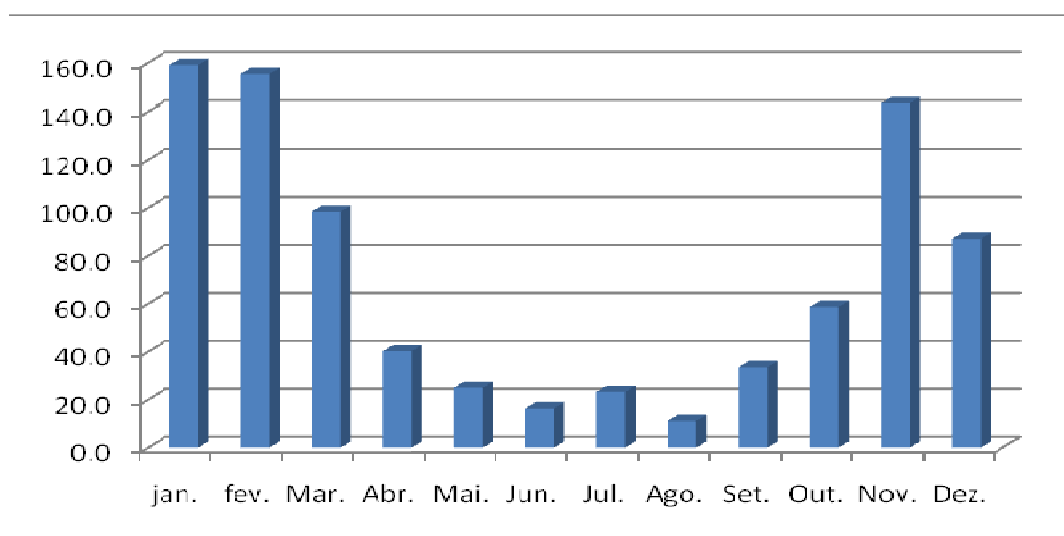


Figura 8: Gráfico absoluto das precipitações médias

Fonte: INAM, (2013).

Com o auxílio do gráfico absoluto referente as precipitações médias acima apresentado é possível verificar que a precipitação média mensal máxima é de 160 mm para o mês de Janeiro e a precipitação média mensal mínima é de 10 mm para o mês de Agosto. A ocorrência da precipitação em casos mais frequentes dá-se nos meses que vão desde Outubro à Março (Verão) e nos meses a partir de Abril até Setembro (Inverno) a sua ocorrência é em menor escala. No inverno verifica-se a ocorrência de certa precipitação considerável que não apresenta nenhum alarme a ocorrência de inundações. O gráfico absoluto das precipitações médias mostra uma ligação de continuidade de precipitação no verão que deixa a concluir que os períodos críticos de ocorrência de inundações dão-se nesse período pois é nesta época que se tem verificado a ocorrência de intensas e extensas precipitações.

4. Critérios de projecto e procedimentos de dimensionamento

Para efeitos do dimensionamento hidráulico tradicional de uma rede de drenagem de águas pluviais, foi apresentado um quadro-tipo que clarifica os procedimentos de cálculo. Ver (**anexo 1**) juntamente com as observações a seguir para o preenchimento do quadro.

Relativamente a este quadro-tipo, foram considerados três grandes blocos: o primeiro relativo aos caudais de projecto ou de dimensionamento [colunas (1) a (15)], o segundo corresponde ao cálculo hidráulico propriamente dito [colunas (16) a (26)] e, finalmente, o terceiro bloco respeitante aos elementos do perfil longitudinal [colunas (27) a (38)].

Para o preenchimento deste quadro-tipo, foram seguidos, nas suas linhas gerais, os procedimentos descritos nas observações, naquilo em que forem aplicáveis. Note-se que, neste caso, os colectores são dimensionados para a secção cheia, aspecto que simplifica os procedimentos dos cálculos hidráulicos a efectuar.

4.1. Passos de cálculo para o dimensionamento da rede

1º- Análise da área de projecto (incluindo o reconhecimento local e eventual levantamento topográfico) e traçado da rede em planta.

2º- Fixação do período de retorno, T, para o qual se pretende dimensionar a rede.

3º- Escolha da curva de I-D-F aplicável à zona em estudo, para o período de retorno escolhido.

4º- Definição das áreas drenantes em cada secção de cálculo.

5º- Determinação do coeficiente médio, C, ponderado para a área drenante total, em cada secção de cálculo:

$$C = \frac{\sum_i C_i \times A_i}{\sum_i A_i} \quad (2)$$

Onde: C_i = coeficiente de escoamento superficial de cada sector, A_i = área de cada sector (Ha), A = área total da concha de drenagem (Ha).

Os valores para o coeficiente de escoamento superficial também são obtidos em tabela de acordo com os vários tipos de cobertura da superfície, declividade e tempos de retorno.

6º- Determinação do tempo de concentração (t_c).

$$TC = T_e + T_p \quad (3)$$

$$T_p = L_{colector} / V_{real} \quad (4)$$

Onde: T_c = tempo de concentração em (min), T_e = tempo de entrada (min), T_p = tempo no colector (min).

7º- Determinação da intensidade média de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração.

$$I = C \times f^m / t^n \quad (5)$$

ou

$$I = A / (d + B)^C \quad (6)$$

Onde: c , m , n = valores para as características regionais de precipitação.

f = frequência em anos; t = tempo de duração (Min.); i = intensidade (mm/h); d = t_c = tempo de duração (min.); T = período de retorno (anos);

O coeficiente de escoamento (C) utilizado no método racional depende das seguintes Características:

- Solo; Cobertura; Tipo de ocupação; Tempo de retorno; Intensidade da precipitação.

9º- Fixação do diâmetro e inclinação do colector pela expressão (1) do método racional.

10º- Determinação do tempo de percurso, t_p , ao longo do troço de colector considerado no 9º passo, o que requer o conhecimento da extensão do colector e da velocidade média do escoamento, para o caudal de dimensionamento.

11º- Adição do tempo de percurso, t_p , calculado no passo anterior, ao tempo de concentração, t_c , calculado no 6º passo.

12º- Repetição de todos os passos de cálculo, de montante para jusante, a partir do 5º passo, para as sucessivas secções de cálculo.

Como se pode inferir da descrição sequencial dos passos de cálculo, no método racional cada colector é dimensionado individual e independentemente (excepto no que respeita ao cálculo do tempo de concentração) e o correspondente valor da intensidade de precipitação de projecto é recalculado, em cada secção de cálculo, para a área total drenada.

Dado que o dimensionamento se processa de montante para jusante, as áreas drenantes são crescentes nas sucessivas secções de cálculo, bem como os respectivos tempos de concentração. As correspondentes intensidades de precipitação são decrescentes, sendo estes valores aplicados às áreas drenantes acumuladas em cada secção de cálculo.

Para a área em estudo aconselha-se o uso do sistema de drenagem fechado em relação ao sistema aberto com um diâmetro mínimo dos condutos a usar nas galerias pluviais de 200 mm, sendo a velocidade mínima de escoamento de 0,6 m/s. A declividade de cada trecho deve estar no intervalo de 0,3% a 4,0%, com o coeficiente de rugosidade de Manning de $n=0,017$

CAPITULO V: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5. Conclusão

Da análise dos resultados do trabalho e segundo os objectivos que se propunha atingir pode-se tirar as seguintes conclusões:

- De acordo com os dados das precipitações obtidos assim como ilustrado pelos gráficos, os períodos críticos de ocorrência de inundações dão-se nos meses que vão de Novembro - Abril (Verão).
- Para o dimensionamento do sistema de drenagem para a área em estudo pode usar-se o sistema de condutos fechados com tubos de alvenaria simples, com um diâmetro mínimo dos condutos nas galerias pluviais de 200 mm, sendo a velocidade mínima de escoamento de 0,6 m/s.

5.1. Recomendações

- Com a construção de infra-estruturas hidráulicas como barragens, albufeiras, diques, muros de defesa e outras obras hidráulicas maior parte da problemática de inundações é resolvida, isto quando a construção é bem empregada. Quando mal orientada, esta medida (estrutural) preventiva pode ser a mais danosa criando mais desastres, perdas económicas e consequências gravosas para as pessoas e para a comunidade do que antes da sua implementação.
- Para permitir ou manter o sistema de drenagem operando de acordo com sua capacidade projectada ao longo do tempo há necessidade de integrar medidas não estruturais que visam na criação dum grupo de gerência para a manutenção do sistema.
- Implantação das redes de colecta de esgotos sanitários e de efluentes industriais, para evitar a deterioração da qualidade das águas pluviais, ou ainda, exalar mau cheiro dos gases pela decomposição e putrefacção dos materiais orgânicos;
- Melhoria dos serviços de limpeza pública, evitando o lançamento dos resíduos sólidos urbanos, nos vales receptores das águas pluviais, para evitar entupimentos na micro-drenagem ou ainda, deterioração da qualidade das águas;
- O atendimento às duas recomendações precedentes evitará as doenças associadas as enchentes urbanas, em virtude do contacto da população com águas contaminadas, onde se destacam: Infecções intestinais, hepatites, cólera, leptospirose e outras.

6. Referências bibliográficas

- ✓ APWA, Water Pollution Aspects of Urban Runoff. Water Quality administration (Water Pollution control Research Series). Report N; 2000.
- ✓ ASCE, Design and Construction of Storm Water Management Systems. The urban water resources research council of the American Society of Civil Engineers (ASCE) and the Water Environmental Federation. New York, NY, 1992.
- ✓ AUGUSTO, D. L. Concepção, Modelagem e Detalhamento de um Reservatório de Detenção em Praça, como Alternativa Para o Controle de Cheias na Bacia do Rio Guerengê. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- ✓ CCN, Planejamento e Engenharia S/C Ltda. Metodologia de Cálculo Regional de Vazões Máximas para Córregos Urbanos. (In: Plano Director de Drenagem: Campo Grande - MS). Campo Grande, 1991.
- ✓ Ernesto da Cruz Teixeira. Plano Director de Drenagem Urbana, s/d, s/l.
- ✓ ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - EESC-USP. Chuvas Intensas. Laboratório de Hidráulica Computacional. Disponível em: <http://albatroz.shs.eesc.usp.br/~ew/SHS-403/1_semestre/aula_5_intensa.PDF>. Acesso em: 2 maio 2011.
- ✓ GONÇALVES, R.C. Modelagem Hidrológica do tipo Chuva-vazão via SMAP e TOPMODEL - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha/RJ. Dissertação de MSc, Curso de Engenharia Civil - COPPE/UFRJ, 2008.
- ✓ GOUDIE – “The Human Impact on the Environment” 3ª Edição, 1990.
- ✓ INE. Projeções Anuais da População por Distritos, 1997-2010. Moçambique (Região Sul). Série: Estudos nº 3. Maputo, Instituto Nacional de Estatística, 2010.
- ✓ LOU, R. F. Dissertação de Mestrado: Modelagem Hidrológica Chuva-vazão e Hidrodinâmica Aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha/rj, Rio de Janeiro, Abril 2010.
- ✓ MARCONI, A.M E LAKATOS, E.M. (2009), Metodologia de Trabalho Científico. 7ª Edição. São Paulo. Brasil

-
- ✓ MARTINS, G. A (2007), Manual para Elaboração de Monografias e Dissertação. 3ª Edição. São Paulo. brasil
 - ✓ MATOS, M.R., “Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano, Visão estratégica e soluções para o futuro”, 2000.
 - ✓ MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa Drenagem Urbana Sustentável: Manual para Apresentação de Propostas. Brasília - DF: Secretaria de Saneamento Ambiental, 2007.
 - ✓ MULVANEY, T.J., “On the Use of Auto-record Rain Fall and Flood discharge Measurements to Observe the Relationship of Rainfall with Flood Discharges in a Given Watershed” Institution of Civil Engineering of Ireland, February 1851.
 - ✓ PEDRON, Fabrício de Araújo, DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz, AZEVEDO, António Carlos et al. Urban Soils. Cienc. Rural. Vol.34, 2004.
 - ✓ PINTO, et al. Vazão de Dimensionamento de Bueiros, Rio de Janeiro, 1995.
 - ✓ PORTO, R. L. Escoamento Superficial Directo. In: TUCCI, C. E. M. et al. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH - Editora da Universidade - UFRGS, 1995.
 - ✓ SAMUELS, P.G. (2000) An Overview of Flood Estimation and Flood Prevention, In: F. Toensmann & M. Koch (eds.) River flood defense, Herkules Vg, Kassel, Alemanha, v.2, pp.G1 – G9 (Kassel Reports of Hydraulic Eng. No. 9/2000).
 - ✓ SOUZA, R. O. Irrigação e Drenagem / UFRA – ICA. Belém-PA. Março/2010.
 - ✓ SUDHERSA, 2002. Plano Diretor de Drenagem urbana da Região Metropolitana de Curitiba. Volume: medidas não-estruturais. SUDHERSA e CH2MHILL do Brasil Serviços de Engenharia Ltda.
 - ✓ TUCCI, C.E.M., GENZ, F., Medidas de controlo de inundações in: Estudos Hidrossedimentológicos do Alto Paraguai, IPH/MMA, 1994.
 - ✓ TUCCI, C.E.M. et al. Drenagem Urbana. Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - e Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, (1993).
 - ✓ TUCCI, C. E. M (Org). Hidrologia – Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

- ✓ TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L. L; BARROS, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995.

Anexos

Anexo nº 1. Guia de drenagem pluvial

trm	trm	long (m)	Long (m)	Long (m)	Área (ha)	Área (ha)	Temp (min)	Temp (min)	Temp (min)	I (mm/ h)	coef. Escor	q(L/ s)
sup	inf	Próp.	trib	acum	prop	Acum	Entrada	Flux	Conct			
1	2	3	4	5	6	7	[8]	9	10	11	12	13

Pendt (m/m)	Diamet (mm)						reg hidr					
		Rh (m)	Q (L/s)	V (m/ s)	q/Q	v/V	d/D	rh/ Rh	v (m/ s)	d (mm)	Ft(Kq/ m2)	Ft(Kq/ m2)
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Sobre o plano topográfico, faz-se o traçado da rede de colectores, enumeram-se e se localizam as câmaras de inspecção tendo em conta a topografia do terreno. Os cálculos se mostram na tabela, que explica detalhadamente coluna por coluna.

Observações:

Coluna 1, 2: Numeração do colector. Nestas colunas se anotam os números dos poços inicial e final, de cada lance respectivamente.

Coluna 3: Longitude de cada colector em metros.

Coluna 4: Longitude tributária. É a soma das longitudes acumuladas, em metros, de todos os colectores que precedem a este lance

Coluna 5: Longitude Acumulada. [3] + [4]

Coluna 6 : Área própria (em Hectares). Corresponde a somatória das áreas que contribuem ao poço inicial do colector.

Coluna 7: É a área própria do colector que se anota mas a soma das áreas acumuladas dos colectores precedentes

Coluna 8: Tempo de entrada ao colector.

Nos lances de arranque, este tempo se estima de acordo às características topográficas e tipo de sistema eleito, neste caso se assume um tempo de entrada de 10 min, para os colectores posteriores o tempo de entrada corresponde ao tempo de concentração do anterior colector.

Coluna 9: Tempo de fluxo (tempo no colector). Considerar aproximadamente 0.6 - 1.20 min

Coluna 10: Tempo de concentração. [8] + [9]

Coluna 11: Intensidade de desenho.

Este valor se obtém aplicando a equação de precipitação máxima obtida para a zona

$$I = \frac{c \cdot f^m}{t^n} \quad i = \frac{A}{(d + B)^c}$$

Coluna 12: Este coeficiente se escolhe de acordo com as características da superfície ou componentes desta superfície

$$C = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A}$$

Coluna 13: Caudal de escoamento. (l / s) obtém-se aplicando a equação do Método Racional.

$$Q = 2.78 [12] [11] [7]$$

Coluna 14: Pendente (%). O pendente será calculado da diferença de cotas soleiras inicial e final, dividida entre a longitude do colector:

$$(32)-(33)/(3)$$

Coluna 15: Diâmetro dos tubos em milímetros. Deve adoptar-se valores de diâmetros comerciais.

Diâmetros mínimos, 200; 250; 300; 400; 450 mm

Coluna 16: Rádio hidráulico, a tubo cheio (em metros). Para secções circulares o rádio hidráulico é a quarta parte do diâmetro:

$$[16] = \frac{[15]}{4 \cdot 1000}$$

Coluna 17: Caudal a tubo cheio no L/s.

$$Q = \frac{0.312}{n} \cdot \left(\frac{[15]}{1000} \right)^{8/3} \cdot \left(\frac{[14]}{100} \right)^{1/2} \times 1000$$

Coluna 18: Velocidade a tubo cheio em m/s.

$$V = \frac{1}{n} \cdot [16]^{2/3} \cdot \left(\frac{[14]}{100} \right)^{1/2}$$

Deve-se verificar que o valor desta coluna não seja menor a 0.6 m/s.

Coluna 19: Relação entre o caudal de desenho e caudal a tubo cheio

$$[13] / [17]$$

Coluna 20: Relação entre velocidade real e a velocidade a tubo cheio. Obtida da tabela

Coluna 21: Relação entre a lâmina de água e diâmetro dos tubos. Obtida da tabela

Coluna 22: Relação do rádio hidráulico real e o rádio hidráulico a tubo cheio. Obtida da tabela

Coluna 23: Velocidade real em m/s. [18] X [20]

Coluna 24: Tirante de escoamento em milímetros. [15] X [21] Os valores desta coluna devem cumprir com as condições mínimas e máximas do tirante de escoamento. valor máximo, para caudal final, 0.80 do diâmetro.

Coluna 25: Rádio Hidráulico real em metros [16] x [22]

Coluna 26: Força tractiva (Kg/m^2). É o resultado da multiplicação do peso específico da água (Kg/m^3) pelo rádio hidráulico real e o pendente. Deve-se assegurar que a força tractiva seja major a 0.10 Kg/m^2 para assegura o arrasto dos sólidos.

$$[26] = \gamma \cdot [25] \cdot \frac{[14]}{100}$$

Anexo nº2

$\frac{q}{Q}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{r_h}{R_H}$	$\frac{v}{V}$
0,00	0,000	0,000	0,000
0,01	0,071	0,182	0,321
0,02	0,098	0,249	0,396
0,03	0,119	0,299	0,447
0,04	0,137	0,340	0,488
0,05	0,152	0,376	0,521
0,06	0,166	0,408	0,550
0,07	0,179	0,437	0,576
0,08	0,191	0,464	0,599
0,09	0,203	0,488	0,620
0,10	0,214	0,511	0,639
0,11	0,224	0,533	0,657
0,12	0,234	0,554	0,674
0,13	0,243	0,573	0,690
0,14	0,253	0,592	0,705
0,15	0,262	0,610	0,719
0,16	0,270	0,627	0,733
0,17	0,279	0,644	0,746
0,18	0,287	0,660	0,758
0,19	0,295	0,675	0,770
0,20	0,303	0,690	0,781
0,21	0,311	0,704	0,792
0,22	0,319	0,718	0,802
0,23	0,326	0,732	0,812
0,24	0,334	0,745	0,822
0,25	0,341	0,758	0,831
0,26	0,348	0,770	0,840
0,27	0,355	0,783	0,849
0,28	0,362	0,794	0,858
0,29	0,369	0,806	0,866
0,30	0,376	0,817	0,874
0,31	0,382	0,828	0,882
0,32	0,389	0,839	0,890
0,33	0,395	0,850	0,897
0,34	0,402	0,860	0,904
0,35	0,408	0,870	0,911
0,36	0,415	0,880	0,918
0,37	0,421	0,890	0,925
0,38	0,427	0,899	0,932
0,39	0,434	0,909	0,938
0,40	0,440	0,918	0,944
0,41	0,446	0,927	0,950
0,42	0,452	0,935	0,956
0,43	0,458	0,944	0,962
0,44	0,464	0,952	0,968
0,45	0,470	0,961	0,974
0,46	0,476	0,969	0,979
0,47	0,482	0,977	0,985
0,48	0,488	0,985	0,990
0,49	0,494	0,992	0,995

$\frac{q}{Q}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{r_h}{R_H}$	$\frac{v}{V}$
0,50	0,500	1,000	1,000
0,51	0,506	1,007	1,005
0,52	0,512	1,015	1,010
0,53	0,518	1,022	1,015
0,54	0,523	1,029	1,019
0,55	0,529	1,036	1,024
0,56	0,535	1,043	1,028
0,57	0,541	1,049	1,033
0,58	0,547	1,056	1,037
0,59	0,552	1,062	1,041
0,60	0,558	1,069	1,045
0,61	0,564	1,075	1,049
0,62	0,570	1,081	1,053
0,63	0,576	1,087	1,057
0,64	0,581	1,093	1,061
0,65	0,587	1,098	1,065
0,66	0,593	1,104	1,068
0,67	0,599	1,110	1,072
0,68	0,605	1,115	1,075
0,69	0,611	1,120	1,079
0,70	0,616	1,125	1,082
0,71	0,622	1,131	1,085
0,72	0,628	1,135	1,088
0,73	0,634	1,140	1,091
0,74	0,640	1,145	1,095
0,75	0,646	1,150	1,097
0,76	0,652	1,154	1,100
0,77	0,658	1,159	1,103
0,78	0,664	1,163	1,106
0,79	0,670	1,167	1,108
0,80	0,677	1,171	1,111
0,81	0,683	1,175	1,113
0,82	0,689	1,179	1,116
0,83	0,695	1,182	1,118
0,84	0,702	1,186	1,120
0,85	0,708	1,189	1,123
0,86	0,715	1,193	1,125
0,87	0,721	1,196	1,126
0,88	0,728	1,199	1,128
0,89	0,735	1,201	1,130
0,90	0,742	1,204	1,132
0,91	0,749	1,206	1,133
0,92	0,756	1,209	1,135
0,93	0,763	1,211	1,136
0,94	0,770	1,212	1,137
0,95	0,778	1,214	1,138
0,96	0,786	1,215	1,139
0,97	0,794	1,216	1,139
0,98	0,802	1,217	1,140
0,99	0,811	1,217	1,140

Anexo nº3

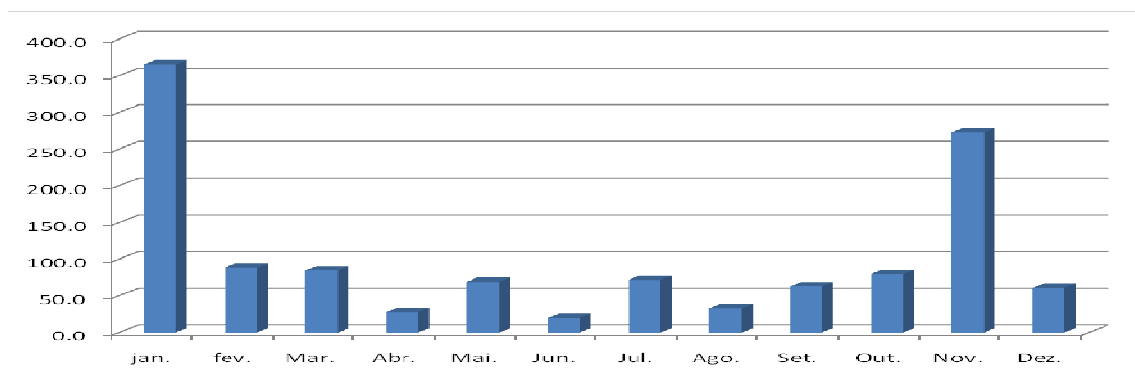
Quadro 1: Precipitações Mensais

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1998	365.5	88.2	84.6	27.7	69.0	19.8	71.6	33.0	63.0	79.3	273.0	61.0
1999	100.4	52.1	96.9	37.6	3.0	0.0	4.9	1.7	28.5	73.0	164.6	136.7
2000	234.8	263.8	97.8	65.8	44.3	14.6	0.0	27.4	77.9	161.5	162.6	124.2
2001	76.9	502.1	364.8	59.8	30.7	4.5	13.8	2.4	65.1	60.4	150.6	111.6
2002	184.8	148.6	33.6	32.2	40.5	4.8	10.4	3.5	1.3	69.3	290.9	150.7
2003	24.3	33.9	12.0	7.4	0.0	5.3	4.8	15.1	9.3	44.1	21.9	46.9
2004	171.6	81.3	38.9	14.5	13.0	81.1	10.7	0.0	28.1	9.8	25.1	33.2
2005	155.3	160.0	112.2	42.0	18.5	24.6	69.9	7.1	17.0	37.2	155.7	44.8
2006	255.6	75.5	73.7	37.1	22.2	4.6	29.1	0.6	5.9	11.5	76.6	42.8
2007	21.4	148.3	69.7	78.5	8.7	4.4	17.5	21.1	39.5	40.5	112.1	119.7
Media	159.1	155.4	98.4	40.3	25.0	16.4	23.3	11.2	33.6	58.7	143.3	87.2

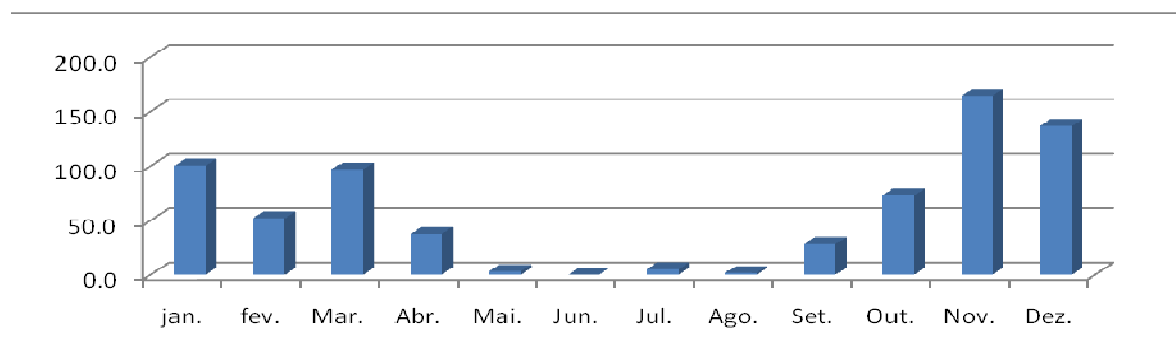
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

Gráficos relativos concernentes a precipitação verificada em cada ano dada em (mm).

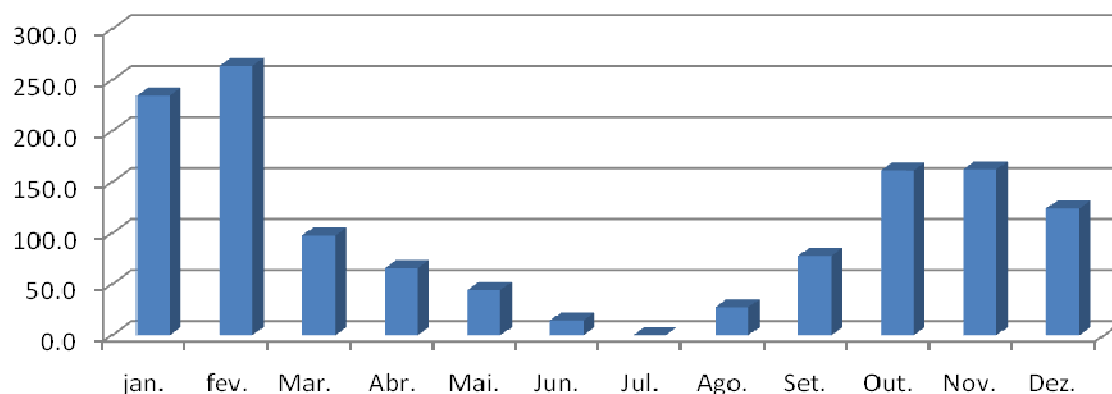
1. Ano: 1998



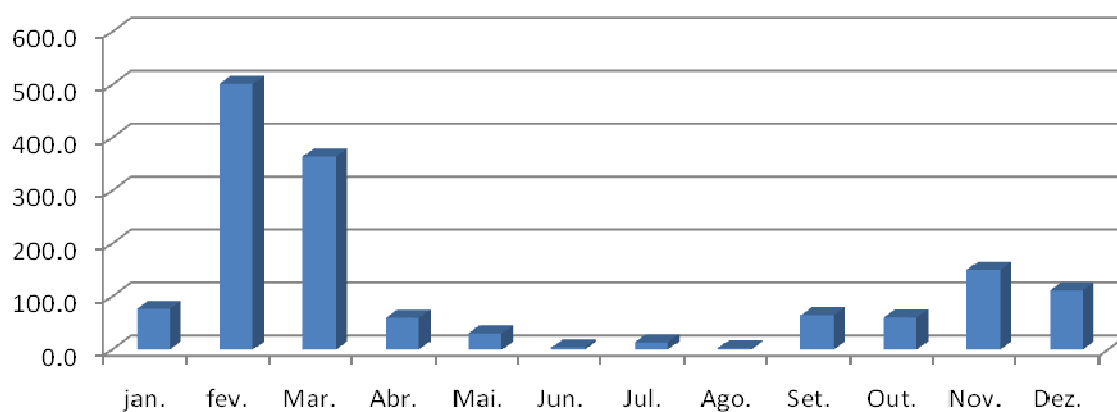
1.1. Ano: 1999



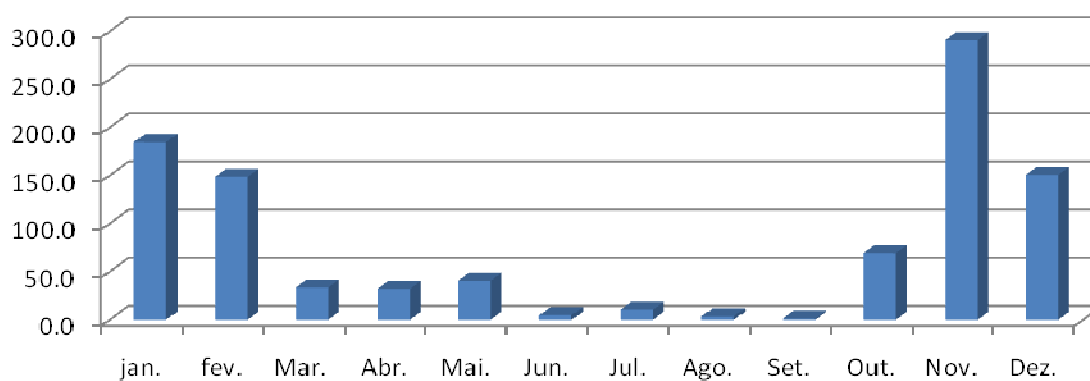
1.2. Ano: 2000



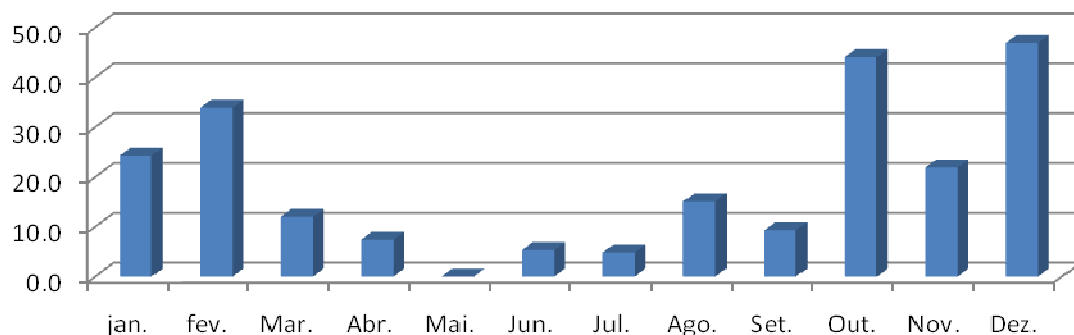
1.3. Ano: 2001



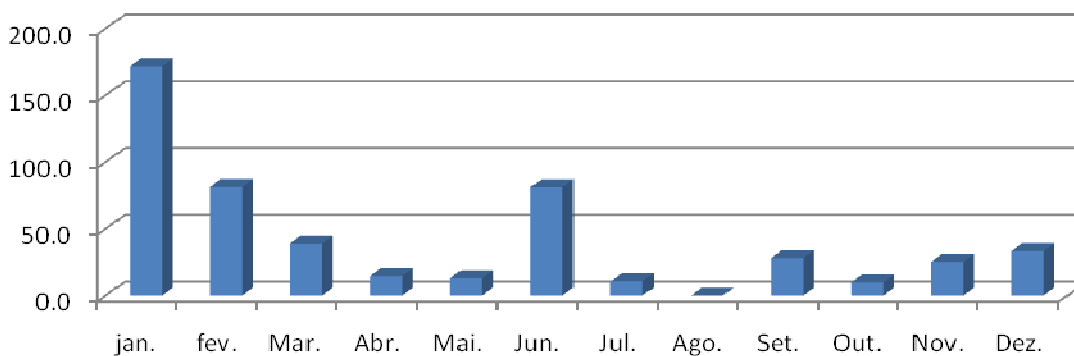
1.4. Ano: 2002



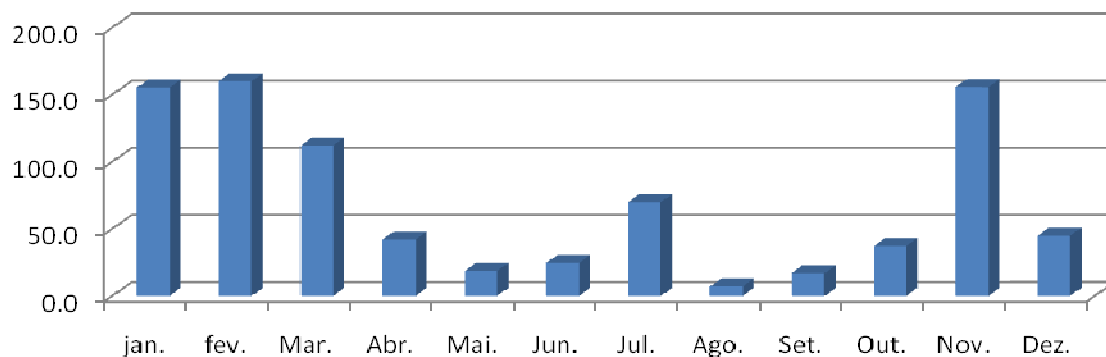
1.5. Ano: 2003



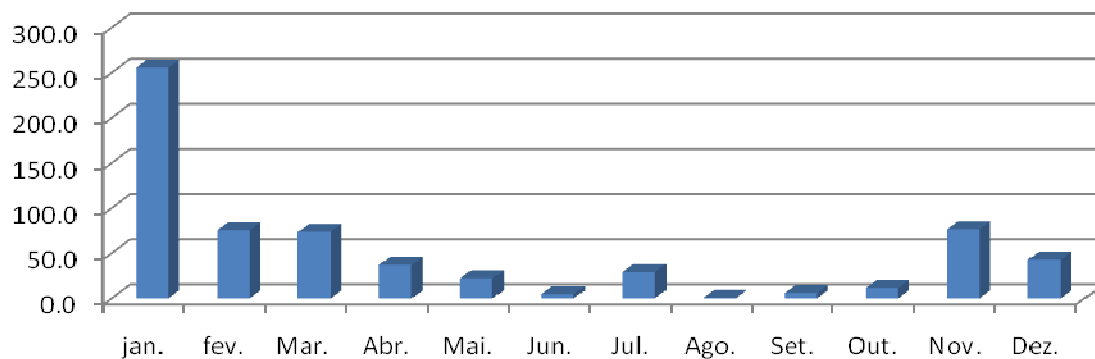
1.6. Ano: 2004



1.7. Ano: 2005



1.8. Ano: 2006



1.9. Ano: 2007

