

# AVANÇOS DOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: DO MÉTODO CONVENCIONAL ÀS ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

Daniel Cardoso Tavares<sup>1</sup>  
Vitor Carlos Santiago Barreto<sup>2</sup>  
Nayára Bezerra Carvalho<sup>3</sup>



## RESUMO

Os sistemas de drenagem urbana, principalmente no Brasil, ainda seguem um padrão baseado apenas em eficiência hidráulica de condutos, apesar de já existir um reconhecimento de que este tipo de abordagem apenas resolve os problemas no longo prazo. Desta forma, os sistemas de drenagem continuam sendo projetados, dimensionados e criados com grande proporção de falhar, não atendendo com eficiência a demanda. Apesar de haver grande progresso acadêmico no desenvolvimento de técnicas e abordagens mais integradoras, com foco na bacia hidrográfica e nos impactos da urbanização, sobre os processos naturais, ainda não houve adaptação desse conhecimento na prática dos gestores municipais e tomadores de decisão. Este trabalho apresenta uma contextualização da drenagem urbana em geral como também no Brasil, mostrando os avanços e evolução dos sistemas de drenagem, seus benefícios e importância, e os desafios para avançar. Apresenta também a aplicação de novas técnicas e metodologias sustentáveis, os principais instrumentos da política de drenagem urbana, diretrizes do plano diretor e as leis operantes nesse contexto.

## PALAVRAS-CHAVE

Drenagem urbana, urbanização, sustentabilidade.

## ABSTRACT

Urban drainage systems, mainly in Brazil, still follow a pattern based only on hydraulic efficiency of conduits, although there is already a recognition that this type of approach only solves the problems in the long term. In this way, drainage systems continue to be designed, sized and created with a large proportion of failure, not efficiently meeting demand. Although there is great academic progress in the development of more integrative techniques and approaches, focusing on the hydrographic basin and the impacts of urbanization on natural processes, this knowledge has not yet been adapted to the practice of municipal managers and decision makers. This work presents a contextualization of urban drainage systems, their benefits and importance, and the challenges to move forward. It also presents the application of new sustainable techniques and methodologies, the main instruments of the urban drainage policy, directives of the master plan and the laws operating in this context.

## KEYWORDS

Urban Drainage. Urbanization. Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

Diversas cidades brasileiras sofrem constantemente por problemas relacionados à drenagem urbana, sendo estes manifestados em forma de impactos ao meio ambiente e, em seguida, à sociedade que nele está inserida. Os impactos são originados de variadas causas e vinculados a determinados aspectos, ocasionando várias adversidades e prejuízos à população urbana. A ausência de um planejamento urbano, relacionado à drenagem urbana, somadas às alterações que o meio sofre em decorrência do uso impróprio do solo, constituem elementos favoráveis à geração de problemas urbanos muitas vezes de difíceis soluções.

Nesse sentido, o desenvolvimento urbano é um fator crítico diante a drenagem urbana. A concentração, no Brasil, ocorre principalmente em grandes metrópoles e tem o aumentado a poluição e a frequência das inundações em função da impermeabilização e da canalização. Nos últimos anos, o aumento da população urbana ocorre principalmente na periferia das metrópoles, ocupando áreas de mananciais e de risco de inundação e de deslizamento de terras. Este processo descontrolado atua diretamente sobre as inundações pela falta de infraestrutura e da capacidade que o poder público possui para cobrar a legislação.

Dessa forma, o sistema de drenagem urbana pode ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. É constituído por uma série de medidas que visam minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuí-

ízos causados pelas inundações, possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e ambientalmente sustentável.

Com ênfase na sustentabilidade, destaca-se a drenagem sustentável, a qual respeita os princípios do ciclo hidrológico, promovendo sua manutenção, no tempo, no espaço e em relação à qualidade da água. Por essa razão, percebe-se que é imprescindível não só apresentar os métodos de drenagem urbana convencional e sustentável com foco no avanço para garantia da melhoria na qualidade de vida da população e na importância da gestão e manutenção de obras de drenagem, como também o conceito, tipos e elementos da drenagem urbana convencional e sustentável, abordando suas principais características, bem como sua importância e vantagens, relatar a evolução da drenagem urbana até os dias atuais e definir a drenagem urbana sustentável frente à convencional, tratando dos seus principais conceitos, dispositivos e vantagens. Além de apresentar técnicas de dimensionamento de redes de drenagem, utilizando os conceitos hidrológicos e hidráulicos.

Segundo Pedrolli (2005), os princípios da drenagem urbana são o controle de vazão de saída e de volume, e não a transferência de impactos para a jusante são os princípios do método sustentável. Técnicas inovadoras como pavimentos permeáveis e trincheiras aumentam a infiltração do solo, abastecendo os lençóis subterrâneos, diminuindo o volume de escoamento dos precipitados

Problemas causados pela má gestão da drenagem urbana têm relação direta com saúde: está ligada a doenças de veiculação hídrica, segurança, inundação e destruição de imóveis, mobilidade urbana, saneamento ambiental e aspectos econômicos (ALMEIDA, 2012).

Destarte, frente aos problemas elucidados, é necessário um planejamento urbano que se estende do método convencional ao método sustentável para garantir uma melhoria na qualidade de vida da população, visando um sistema que seja capaz não só de suportar o volume escoado como também garantir o desenvolvimento sustentável.

## **2 DRENAGEM URBANA NO BRASIL E SUA IMPORTÂNCIA**

Drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana, sendo que a drenagem desta última é parte do objetivo do trabalho apresentado. A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações as quais a sociedade está sujeita (LIMA, 2011).

O grande desenvolvimento urbano no Brasil ocorreu no final dos anos 1960 até o final dos anos 1990, quando o país passou de 55% de população urbana para 76% (GOBBI, 2014). Esta concentração de população ocorreu principalmente em grandes metrópoles com aumento da poluição e da frequência das inundações em função da impermeabilização e da canalização. Nos últimos anos, o aumento da população

urbana ocorre principalmente na periferia das metrópoles, ocupando áreas de mananciais e de risco de inundação e de escorregamento. Este processo descontrolado de crescimento populacional atua diretamente sobre as inundações pela falta da infraestrutura e da capacidade que o poder público possui para cobrar a legislação.

No Brasil, as cidades possuem um sistema de drenagem urbana atual deficiente, o que prejudica o escoamento da água acumulada pelas chuvas. Por consequência, várias localidades do país são atingidas por diversos problemas, como enchentes, erosão, assoreamento.

Em um relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2009, o Brasil foi considerado o 6º país no ranking de ocorrências de desastres naturais. As ocorrências dos desastres são inevitáveis, porém as consequências podem ser mitigadas. Segundo Ribeiro (2014), alguns dos eventos mais impactantes no Brasil nesse contexto são: enchentes em Santa Catarina (1855), enchente em Porto Alegre (1941), enchentes e deslizamentos de terra em Caraguatatuba (1967), inundações e deslizamentos de Terra no Rio de Janeiro e São Paulo (2010), enxurradas em Xerém, janeiro de 2013, enchentes no Sudeste do Brasil em 2013 (Minas e Espírito Santo).

Para contornar isso, destaca-se a importância de uma eficiente drenagem, pois, segundo a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 2002), um adequado sistema de drenagem, sendo de águas superficiais ou subterrâneas, onde esta drenagem for viável, proporcionará uma série de benefícios, tais como: desenvolvimento do sistema viário, redução de gastos com manutenção das vias públicas, valorização das propriedades existentes na área beneficiada, escoamento rápido das águas superficiais, facilitando tráfego por ocasiões das precipitações, eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais, rebaixamento do lençol freático, recuperação de áreas alagadas ou alagáveis, segurança, qualidade.

## **2.1 URBANIZAÇÃO: PLANEJAMENTO DESORDENADO E O CICLO HIDROLÓGICO**

O Brasil enfrenta um dos problemas mais comuns dos países em desenvolvimento, que é o rápido crescimento dos centros urbanos. Todavia, sua infraestrutura não consegue mais acompanhar o crescimento acelerado, prejudicando a qualidade de vida da população. A drenagem urbana, antigamente, objetivava a remoção das águas pluviais por meio de sistemas simplificados e de soluções instantâneas. Já os sistemas de drenagens da atualidade são projetados no escoamento rápido, transferindo o ponto de alagamento (MELLER *et al.*, 2014).

Nessa correlação, o rápido e desordenado processo de urbanização ocorrido no Brasil, como mostrado na Figura 1, trouxe uma série de consequências e, em sua maior parte, negativas. A falta de planejamento urbano e de uma política econômica menos concentradora contribuiu para a ocorrência de problemas, inclusive relacionado à drenagem urbana. A impermeabilidade do solo pelo asfaltamento e edificações, associado ao desmatamento e ao lixo industrial e residencial, fazem com que

os problemas das enchentes sejam algo comum nas grandes cidades brasileiras e conseqüentemente aumentando o risco de enchentes.

**Figura 1** – Gráfico com taxa de urbanização



Fonte: IBGE, 2010.

Contudo, de acordo com Barbosa (2006), diversas causas podem estar associadas ao processo de urbanização. A Tabela 1 apresenta algumas destas causas e seus impactos.

Nas grandes cidades brasileiras, um quadro relativamente comum se repete, com a ocupação desordenada de diversas áreas dos núcleos urbanos, a remoção indiscriminada da cobertura vegetal da bacia, a ocupação de grandes extensões de áreas naturalmente inundáveis, a impermeabilização de grandes áreas das bacias, a geração de lixo e esgoto sanitário, que por vezes, não é coletado e tratado adequadamente. Todos esses fatores modificam e causam impactos no sistema de drenagem natural, que por sua vez também é alterado com a implantação de redes de canalizações para drenagem pluvial (MIGUEZ *et al.*, 2015).

Tabela 1 – Causas e Impactos da Urbanização sobre as cheias

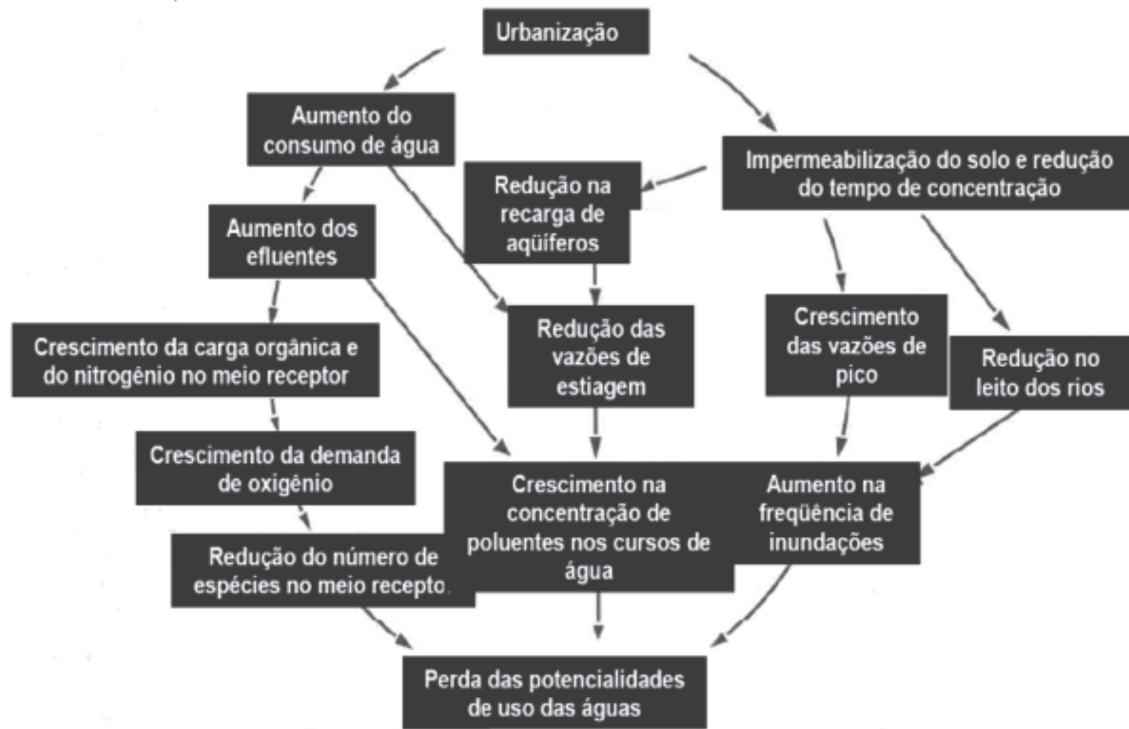
CAUSAS	IMPACTOS
Impermeabilização	- Maiores picos de cheias e vazões em rios
Redes de drenagem	- Maiores picos de cheia a jusante
Lixo	- Degradação da qualidade da água - Entupimento de bueiros e galerias pluviais
Redes de esgotos sanitários deficientes	- Degradação da qualidade da água - Doenças de veiculação hídrica
Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	- Maiores picos de cheia e volumes escoados - Maior erosão - Assoreamento em canais e galerias

CAUSAS	IMPACTOS
Ocupação de várzeas	- Maiores prejuízos ao patrimônio por enchentes - Maiores picos de cheias - Maiores custos de utilidades públicas

Fonte: Adaptado de Tucci (2005).

A urbanização modifica o ciclo hidrológico, alterando suas parcelas e o balanço hídrico da bacia hidrográfica urbanizada (TUCCI, 1997). Dessa forma, os problemas ambientais se manifestam nas grandes cidades, em comparação às pequenas ou ao meio rural. Nesses grandes centros urbanos há problemas ambientais que produzem diversas consequências sobre os aspectos do meio ambiente, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma demonstrando os impactos relacionados à urbanização



Fonte: Próprios Autores

### 3 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANAS

Segundo Souza (2013), os instrumentos de política urbana são fundamentais para implementação de sistemas de drenagem e merecem destaque os seguintes elementos normativos relacionados com a drenagem: Lei 12.651/2012 (NCF) – dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (revoga a Lei 4.771/65) e apresenta o conceito

de Áreas de Preservação Permanente (APP); Lei 6766/1979 – dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e define também, requisitos urbanísticos de lotes e loteamentos; Lei 11.445/2007 – define o escopo do Saneamento Básico, com diretrizes e princípios que devem nortear as políticas públicas em saneamento; Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano, Código de Obras e Códigos de Posturas – trazem regras de ocupação do espaço urbano, com definição das áreas de estímulo ou de restrição à ocupação; Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) – conjunto de diretrizes que determinam a gestão do sistema de drenagem, minimizando o impacto ambiental devido ao escoamento de águas pluviais, com foco na regulamentação da implantação de novos empreendimentos

De acordo com Caramori (2012), a drenagem é o conjunto de elementos destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo-as a um destino final. As medidas de correção e/ou prevenção que visam minimizar os danos das inundações e demais prejuízos são classificadas, de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais (DIAS; ANTUNES, 2010). E os sistemas de drenagem se classificam em relação às suas dimensões, como microdrenagem e macrodrenagem.

### 3.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS

São medidas físicas de engenharia desenvolvidas pela sociedade para reduzir o risco de enchentes. Segundo Barbosa (2006), essas medidas podem ser extensivas ou intensivas (TABELA 2). As extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como modificação da cobertura vegetal no solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. Em geral, os diques e os reservatórios são mais apropriados em planícies de inundação que são utilizadas de forma mais intensiva.

Essas medidas são onerosas e não representam soluções eficazes e sustentáveis dos problemas mais complexos de drenagem urbana. As melhores soluções são alcançadas por meio de compreensão mais integrada do meio ambiente urbano e das relações entre os sistemas que o compõem.

Tabela 2 – Medidas estruturais de controle de cheias

<b>MEDIDA</b>	<b>VANTAGEM</b>	<b>DESVANTAGEM</b>	<b>APLICAÇÃO</b>
<b>MEDIDAS EXTENSIVAS</b>			
Cobertura vegetal	Redução de pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas Bacias
Controle de perda	Redução do assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas Bacias
<b>MEDIDAS INTENSIVAS</b>			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso ocorram falhas	Grandes rios

MEDIDA	VANTAGEM	DESVANTAGEM	APLICAÇÃO
<b>Melhoria do Canal</b>			
Redução da rugosidade por obstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Ampliação da área protegida e aceleração do escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
<b>Reservatórios</b>			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com o mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
<b>Mudança de Canal</b>			
Caminho das cheias	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Redução da vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

Fonte: Adaptado de Canholi (2015).

### 3.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

De acordo com Dias e Antunes (2010), se trabalhadas em conjunto com as medidas anteriores, as medidas não-estruturais podem reduzir significativamente os prejuízos (TABELA 3).

Tabela 3 – Medidas não-estruturais para controle de inundação

Medida	Características	Objetivo
Plano diretor	Planejamento e densificação das áreas atualmente loteadas	Evitar ocupação sem prevenção
Educação ambiental	.A conservação das margens dos rios, sua vegetação típica e taludes	Conscientizar a população
Medidas de apoio à população	Lugares seguros para a pessoa e sua família	Proteção



<b>Medida</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivo</b>
Distribuição de informação sobre as enchentes	Programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes	Aprimorar e reduzir falhas como a falta de informações
Reassentamento	Reassentamento de residências ilegais	Retirar a população da zona de risco
Soluções de mitigação	Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação	Aumentar a eficiência do sistema de drenagem e a capacidade de controle de enchentes dos sistemas
Construções a prova de enchentes	Pequenas adaptações nas construções	Reduzir as perdas em construções localizadas nas várzeas de inundações
Sistemas hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia e modelos	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia.

Fonte: Adaptado de PROCEMPA, 2015.

## 4 DRENAGEM URBANA CONVECIONAL X SUSTENTÁVEL

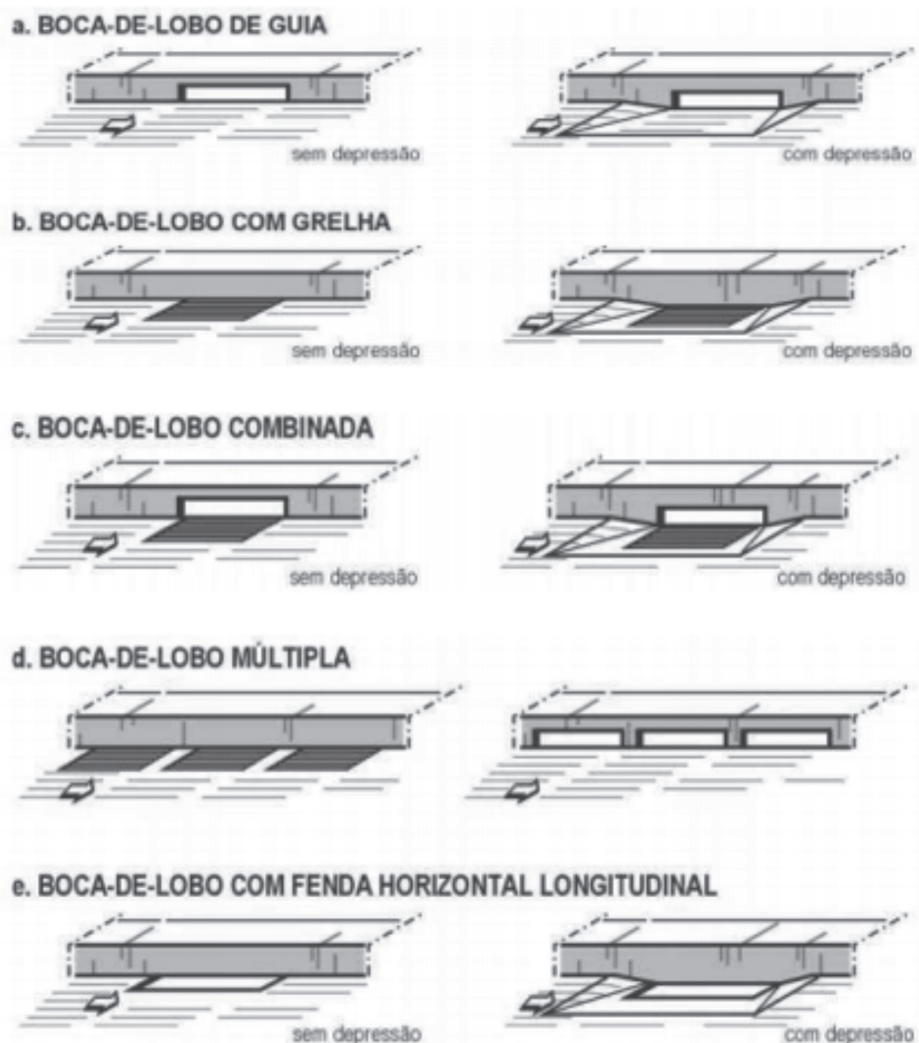
### 4.1 DRENAGEM CONVENCIONAL

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana, que propicia a ocupação do espaço urbano por uma forma artificial de assentamento, adaptando-se ao sistema de circulação viária. Formada pelos seguintes dispositivos:

#### 4.1.1 Boca de lobo

São dispositivos em forma de caixas coletoras, construídas em alvenaria. Sua função é receber as águas pluviais que correm pelas sarjetas e direcioná-las à rede coletora. De acordo com a necessidade de drenagem, podem ser: bocas coletoras (bocas de lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto a depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla), conforme a Figura 3.

Figura 3 – Tipos de boca de lobo



Fonte: DAEE/CETESB (1980).

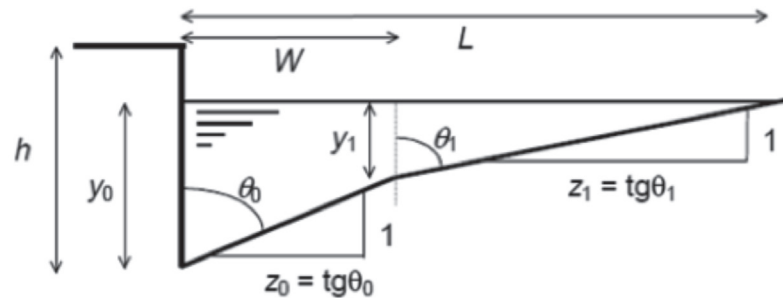
#### 4.1.2 Sarjetas

De acordo com Funasa (2006), é o elemento de drenagem das vias públicas. A calha formada é receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas. Sua função é captar e conduzir adequadamente as águas que precipitam sobre a plataforma (superfície) até o ponto de descarga, que pode ser a caixa coletora (boca de lobo) ou em uma descida d'água (RIBEIRO, 2015). A capacidade de condução da rua ou da sarjeta pode ser calculada a partir de duas hipóteses: a água escoando por toda a calhada rua ou a água escoando só pelas sarjetas (TOMAZ, 2012):

De acordo com o Tomaz (2012), na Figura 4 pode-se observar as dimensões padronizadas para sarjetas, que são: profundidade máxima ( $h=15$  cm); lâmina d'água

máxima ( $y = 15$  cm); lâmina d'água máxima para evitar transbordamento ( $y_0 = 13$  cm); largura ( $w = 60$  cm); declividade mínima ( $I = 0,004$  m/m); velocidade mínima do escoamento ( $v_{\min} = 0,75$  m/s); velocidade máxima do escoamento ( $v_{\max} = 3,50$  m/s).

Figura 4 – Dimensões Padronizadas de sarjetas



Fonte: Tomaz (2012).

Para cálculo de sistemas de drenagem, segundo Azevedo Neto (2001), projetistas brasileiros comumente utilizam a teoria de Manning:

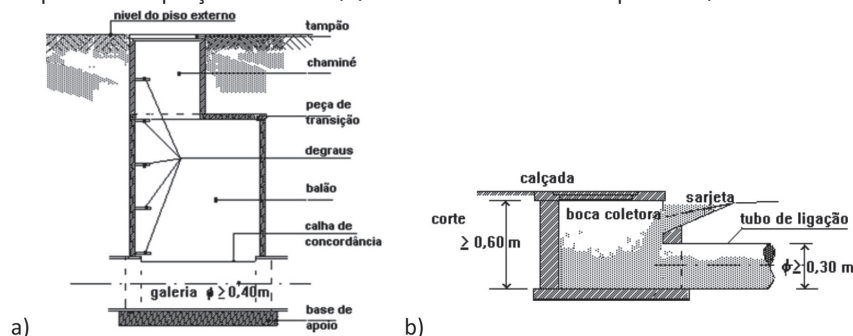
$$Q = \left(\frac{1}{N}\right) \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$$

Onde Q é a vazão escoada ( $m^3/s$ ), A é a área da seção da sarjeta ( $m^2$ ),  $R_H$  é o Raio hidráulico (m), I é a declividade longitudinal da rua e N é o coeficiente de Manning.

#### 4.1.3 Poço de visita e tubos de ligações

O poço de visita (FIGURA 5b) é um dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e limpeza das canalizações. Já os tubos de ligações (FIGURA 5b) são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para a galeria ou para os poços de visita (TUCCI, 2000).

Figura 5 – Esquema de poço de visita (a) e boca coletora sob passeio, com tubo de ligação (b)

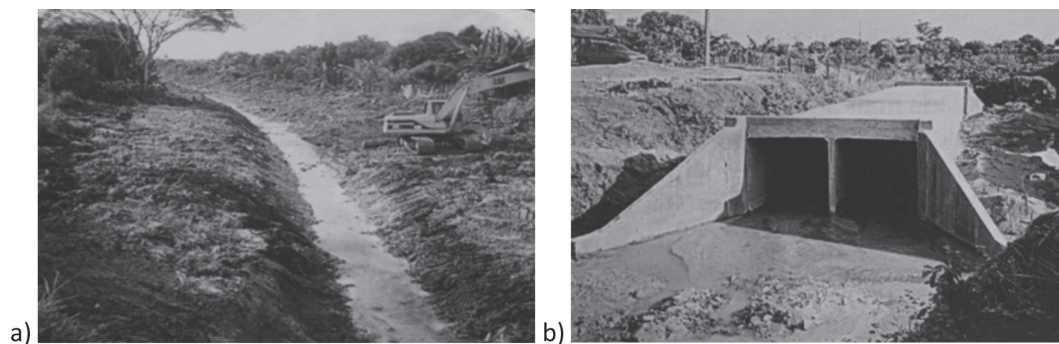


Fonte: Tucci (2000).

Macro drenagem corresponde ao escoamento final das águas escoadas superficialmente, inclusive as captadas pelas estruturas de micro drenagem. Os sistemas de macro drenagem são compostos pelos seguintes itens: sistema de micro drenagem, galerias de grande porte, canais e rios canalizados, mostrados na Figura 6 (MIRANDA, 2012). São obras de retificação ou embutimento dos corpos aquáticos e de grande vulto, dimensionadas para grandes vazões e com maiores velocidades de escoamento.

As obras de macro drenagem, segundo Funasa (2006), consistem em retificação e/ou ampliação de seções de cursos naturais e também a construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões.

Figura 6 – Retificação de canal natural (a) e galeria de concreto armado (b)



Fonte: Funasa (2006).

## 4.2 DRENAGEM SUSTENTÁVEL

### 4.2.1 Sustentabilidade

É o termo utilizado para definir todas as atividades e ações que possuem como objetivo suprir as necessidades atuais dos seres humanos, relacionadas à qualidade de vida, sem comprometer as futuras gerações. Está ligada ao desenvolvimento econômico e social de uma determinada região, sem agredir de modo significativo o meio ambiente, minimizando o consumo dos recursos naturais primários, substituindo-os por recursos renováveis (DIAS, 1992).

Os sistemas de drenagem sustentáveis propõem medidas tanto estruturais quanto não-estruturais e incorpora técnicas inovadoras da engenharia como a construção de estacionamentos permeáveis, pavimentos porosos, telhados verdes e canais abertos com vegetação a fim de atenuar as vazões de pico e reduzir a concentração de poluentes das águas de chuva nas áreas urbanas. Os princípios da drenagem urbana sustentável são os seguintes, novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão de pico das condições naturais (ou prévias) – controle de vazão de saída, planejar o conjunto da bacia para controle de volume, evitar a transferência de impactos para jusante (TUCCI, 2005).

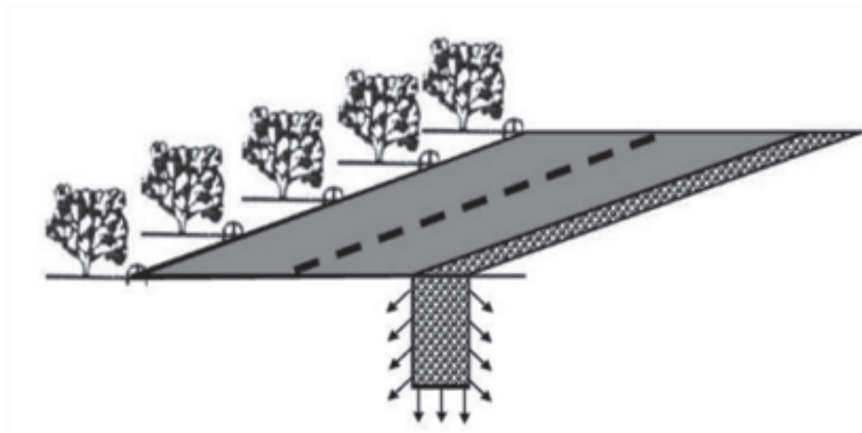
### 4.3. TÉCNICAS COMPESATÓRIAS SUSTENTÁVEIS

As técnicas compensatórias baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando ganhos na qualidade das águas pluviais.

#### 4.3.1 Trincheiras de Infiltração

De acordo com Baptista e outros autores (2005) as trincheiras são técnicas implantadas junto à superfície ou a pequena profundidade, com finalidade de recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento, favorecendo a infiltração e/ou armazenamento temporário. As trincheiras (FIGURA 7) são bastante versáteis, podendo ser utilizadas em canteiros centrais e passeios, ao longo do sistema viário, ou ainda junto a estacionamentos, jardins, terrenos esportivos e em áreas verdes em geral.

Figura 7 – Trincheira de Infiltração



Fonte: Silva (2007).

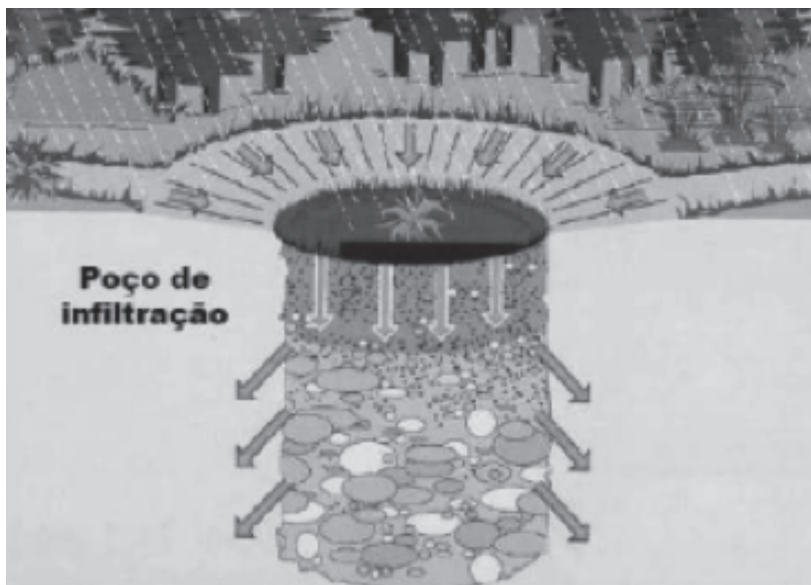
De acordo o estudo de caso realizado por Peiter e Poletto (2012), com objetivo de implantação de trincheiras de infiltração como alternativa de controle e diminuição do escoamento superficial e capacidade de retenção.

#### 4.3.2 Poços de Infiltração

De acordo com a Figura 8, o sistema consiste em um poço escavado no solo, revestido por tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo, envoltos por uma manta geotêxtil, fazendo a interface solo/tubo e fundo revestido por uma camada de agregados graúdos, também envolta por geotêxtil, de forma a permitir a infiltração, para o solo, do volume de água pluvial escoado (REIS *et al.*, 2008)

Assim, constata-se que quanto maior a granulometria das matérias, maior é a capacidade de armazenamento de água por  $m^3$  de preenchimento granular, o que permite o armazenamento temporário da água no espaço vazio do material, para que haja uma infiltração posterior no solo, reduzindo assim os picos e volumes de escoamento. Os poços de infiltração têm vantagem de serem instalados onde a camada de solo superficial é pouco permeável, mas que tenha capacidade de infiltração adequada nas camadas mais profundas (REIS, 2005).

Figura 8 – Poço de Infiltração



Fonte: Batista e outros autores (2005).

#### 4.3.3 Pavimentos permeáveis dotados de estruturas de infiltração e retenção

Pavimentação permeável na Figura 9, também chamado de ecopavimento, é uma gama de técnicas para a pavimentação de estradas, ciclovias, estacionamentos e calçadas que permite a infiltração da água em todo o perfil do pavimento. Apesar de alguns materiais de pavimentação permeável parecerem quase indistinguíveis de materiais não porosos, os seus efeitos ambientais são qualitativamente diferentes.

Em áreas urbanas, as superfícies destinadas ao sistema viário e às áreas de estacionamento podem ocupar espaços consideráveis, chegando 30% da área da bacia de drenagem, segundo (BAPTISTA *et al.*, 2005), em áreas densamente ocupadas. Concreto permeável, asfalto poroso, pavimentos intertravados, ecopavimento com agregados ou com grama, são materiais que possuem, como maior característica, a manutenção da permeabilidade do solo.

Figura 9 – Estacionamento revestido parcialmente com pavimento permeável

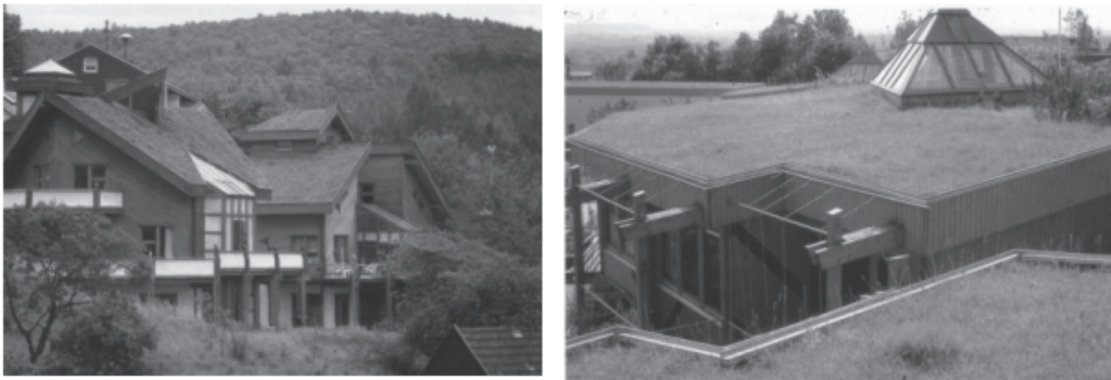


Fonte: Pini (2019).

#### 4.3.4 Telhado Verde

É uma técnica que aumenta a área verde urbana e promove a biodiversidade. Também retém água pluvial, limpando-a antes que escorra para a rua. O processo de evapotranspiração da planta arrefece o ambiente interno e externo, reduzindo a demanda de energia elétrica do prédio ou casa, bem como diminui o efeito do calor humano. O telhado verde (FIGURA 10), segundo Laura (2011), ainda faz com que a troca de calor entre a parte interior e exterior da edificação se torne mais amena e gradual, ou seja, demora mais para uma casa com este tipo de telhado esquentar no verão, assim como demorará mais para esfriar no inverno.

Figura 10 – Telhado verde inclinado e plano



Fonte: Minke (2005).

O telhado verde é visto como uma solução parcial para vários problemas ambientais comuns nas grandes cidades, ajuda na redução da poluição, melhora a qualidade do ar, reduz os efeitos das ilhas de calor, diminui a poluição sonora, além de ser uma iniciativa sustentável eficiente na busca por mais espaços verdes nos centros urbanos. As vantagens são inúmeras, porém, dentre algumas desvantagens, está o custo de implantação do sistema que é alto, mas pelos benefícios que traz é significativo, caso o sistema não seja aplicado de forma correta, pode gerar infiltração de água e umidade dentro do edifício (SAADATIAN *et al.*, 2013).

## 5 CONCLUSÃO

Diante de todos os conhecimentos buscados e apresentados neste trabalho, relacionados à drenagem urbana, é de extrema importância a implementação de um Plano Diretor, pois nele são citadas todas as informações necessárias para a elaboração e implantação das estruturas de drenagem das águas urbanas, abordando todas as medidas que devem ser exercidas, bem como a importância dos sistemas de drenagem para toda a população.

Consoante o trabalho apresentado, conclui-se que a drenagem sustentável é mais recomendada, pois além de drenar, suas técnicas possibilitam a infiltração da água de escoamento no solo, ou seja, promove a recarga dos aquíferos e esta ação passa a ser considerada como recurso hídrico disponível para ser utilizado. Favorecendo também a estética, pois enquanto os sistemas convencionais são predominantemente subterrâneos, os sistemas sustentáveis, quando superficiais, proporcionam a implantação paisagística.

Essas técnicas sustentáveis buscam anular, ou ao menos, minimizar os efeitos do crescimento da urbanização. Pois, ao aumentar a infiltração da água no solo e atrasar o escoamento da água é reduzida a quantidade de água nas galerias e rios durante as chuvas mais fortes.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. **Drenagem urbana**, 2012. Disponível em: [http://www.jcnet.com.br/editorias\\_noticias.php?codigo=224198/](http://www.jcnet.com.br/editorias_noticias.php?codigo=224198/). Acesso em: 25 maio 2019.

AZEVEDO NETO, José Martiniado de; FERNÁNDEZ, Miguel Fernandez y. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edigar Blucher, 1998. 669p.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 318 p.

BARBOSA, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>



publique/media/diss\_franciscobarbosa.pdf. Acesso em: 3 maio. 2019.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. **Oficina de Textos**, 2. ed. 2015.

CARAMORI, V. **Planejamento dos sistemas de drenagem urbana**: redes de drenagem (tradicional). 2012. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/353596/>. Acesso em: 1 maio 2019.

DAEE/CETESB. **Drenagem urbana**. 2. ed. São Paulo, SP, 1980.

DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T.S. C. **Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2010. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000312.pdf/>. Acesso em: 10 maio 2019.

DIAS, G. F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em: <https://sis.funasa.gov.br/portal/publicacoes/pub1305.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

GOBBI, L. D. **Urbanização brasileira**. 2014. Disponível em: <http://educacao.globo.com/geografia/assunto/urbanizacao/urbanizacao-brasileira.html/>. Acesso em: 8 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censos 1940- 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>. Acesso em: 20 maio 2019.

LAURA, A. **Teto verde**: o que é, como fazer e suas vantagens, 2011. Disponível em: <http://www.reciclandoideias.com.br/teto-verde-o-que-e-como-fazer-e-seus-beneficios>. Acesso em: 10 maio 2019.

LIMA, D. L. Contribuição para um plano diretor setorial de drenagem pluvial para o distrito de Icoaraci – Belém - Pará, 2011. Disponível em: <http://www.unama.br/graduacao/engenhariacivil/tccs/2011/>. Acesso em: 20 maio 2019.

MELLER, G.; DRESCH, F.; DARONCO, G. **A necessidade de uma drenagem sustentável**. 2014. Disponível em: <http://www.revistas.unijui.edu.br/>. Acesso em: 9 maio 2019.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana** – do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2015.

MINKE, G. **Techos verdes** – planificación, ejecución, consejos prácticos. Uruguay: Editora Fin del Siglo, 2005.

MIRANDA, H. K. **Definição de micro e macrodrenagem urbana**. 2012. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABdXEAI/aula-2-definicao-micro-macrodrenagem-urbana>. Acesso em: 8 maio 2019.

PEDROLI, K. D. **Drenagem urbana sustentável**. 2005. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAepAoAG/drenagem-urbana-sustentavel2/>. Acesso em: 14 maio 2019.

PEITER, T. V.; POLETO, C.; **Estudos dos efeitos de trincheiras de infiltração sobre o escoamento superficial**. 2012. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2928>. Acesso em: 20 maio 2019.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais**. 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/>. Acesso em: 12 maio 2019.

REIS, R. P. A.; Proposição de Parâmetros de Dimensionamento e Avaliação de Poço de Infiltração de Água Pluvial, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IX-013.pdf>> Acesso em: 13 maio. 2019.

RIBEIRO, L. **Drenagem em rodovias**. 2015. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/drenagem-em-rodovias/>. Acesso em: 11 maio 2019.

RIBEIRO, L. **Histórico de enchentes no Brasil**. 2014. Disponível em <http://www.aquafluxus.com.br/historico-de-enchentes-no-brasil/>. Acesso em: 20 maio 2019.  
SAADATIAN, O.; SOPIAN, K.; SALLEH, E.; LIM, C. H.; RIFFAT, S.; SAADATIAN, E. *et al.* A review of energy aspects of green roofs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 155-168, 2013.

SILVA, J. P. Estudos preliminares para a implantação de trincheiras de infiltração. 2007. 155p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007. Publicação G.DM-154-07.

SOUZA, V. C. B. **Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade**. 2013. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 14 maio 2019.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de drenagem urbana**. 2002. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5073300-Manual-de-drenagem-urbana.html/>. Acesso em: 16 maio 2019.

TECHNE. Pavimentos de Concreto. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/pavimentos-de-concreto-permeavel-288015-1.aspx>. Acessado em: 02 de maio de 2019.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais**: Capítulo 5 – Microdrenagem. 2012. Disponível em [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro\\_calculos/capitulo05.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo05.pdf). Acesso em: 18 maio 2019.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. 1997. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html/>. Acesso em: 16 maio 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. 2005. Disponível em: <http://www.semarh.se.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2019.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

---

**Data do recebimento:** 21 de julho de 2016

**Data da avaliação:** 9 de novembro de 2016

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2017

---

---

1 Graduando em Engenharia civil – UNIT. E-mail: [nayara.eng@hotmail.com](mailto:nayara.eng@hotmail.com)

2 Graduando em Engenharia civil – UNIT. E-mail: [nayara.eng@hotmail.com](mailto:nayara.eng@hotmail.com)

3 Doutora em Engenharia de Processos; Professora Titular da Universidade Tiradentes.

E-mail: [nayara.eng@hotmail.com](mailto:nayara.eng@hotmail.com)

PRODUÇÃO  
Editora Universitária Tiradentes - Edunit

IMPRESSÃO  
Gráfica Gutemberg

TIRAGEM  
200

TIPOGRAFIA  
ARIAL 12  
MUSEO 300 11/10/9  
MUSEO 500 8  
MUSEO 700 12/11/10/8  
OTARI 20/14/13/12/10

PAPEL  
CAPA  
Papel Supremo 250g/m<sup>2</sup>  
MIOLO  
Papel Offset 90g/m<sup>2</sup>