



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RENAN ROTONDANO ASSUNÇÃO**

**ANÁLISE DO LANÇAMENTO DO EMISSÁRIO DE GALERIA DE ÁGUAS  
PLUVIAIS CONTRIBUINTE DA MARGEM DIREITA DO LAGO DO PARQUE  
CESAMAR NO MUNICÍPIO DE PALMAS, TOCANTINS.**

**Palmas  
2019**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RENAN ROTONDANO ASSUNÇÃO**

**ANÁLISE DO LANÇAMENTO DO EMISSÁRIO DE GALERIA DE ÁGUAS  
PLUVIAIS CONTRIBUINTE DA MARGEM DIREITA DO LAGO DO PARQUE  
CESAMAR NO MUNICÍPIO DE PALMAS, TOCANTINS.**

Projeto do trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Msc. Clerson Dalvani Reis  
Coorientadora: Eng. Civil Isabella Juwer  
Nascimento

**Palmas  
2019**



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ser meu melhor amigo e por sempre ter me dado o discernimento necessário para não me perder no meio da caminhada.

À minha mãe por ter sido a pessoa que sempre acreditou no meu potencial me motivando a seguir em frente.

Ao meu pai por toda a base, por sempre ter se empenhado na minha criação pra que nunca me faltasse o necessário.

Ao meu irmão por ter me auxiliado várias vezes quando precisei elaborar algo nesse trabalho.

À minha avó Zuleide por sempre me colocar em suas orações e por ser meu refúgio.

Ao meu padrinho Iderlan por todo o suporte que me foi dado durante toda a graduação.

À minha querida tia Neuzinha que foi morar com o pai, mas que desde sempre esteve do meu lado, seja na presença física ou espiritual, um amor eterno.

Aos demais familiares, obrigado pela torcida e ajuda na realização desse sonho.

Ao meu professor orientador Me. Clerson Dalvani Reis que não hesitou em dizer sim para que pudéssemos realizar esse trabalho.

À minha coorientadora Isabella Juwer Nascimento que acima de toda a amizade, me auxiliou na elaboração do trabalho com a maior satisfação.

Aos meus amigos Isabella Juwer, Cassandra, Pedro Rocha, Kamilla Belém, Greyciellen e Jessievane por terem sido os maiores suportes dentro da faculdade, me cobrando e me ajudando com os estudos ajudando a superar cada final de semestre.

A todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal.

Aos congressos que tive a oportunidade de participar, cada um acrescentando experiências e amizades que vou levar pra vida toda.

À minha amada Atlético Concreta que em grande parte foi minha motivação para continuar, um amor que vou levar para o resto da vida, uma verdadeira família.

Ao IFTO por ter sido minha segunda casa durante esses anos, dando o suporte necessário para que eu pudesse agregar muito conhecimento não só dentro da sala, mas conhecer inúmeras culturas, cidades e momentos.

## RESUMO

O presente trabalho discute o lançamento da galeria pluvial situada a margem direita do Parque Cesamar, localizado no município de Palmas – TO. Considerando a importância da área de preservação, o trabalho teve como amplitude buscar embasamentos teóricos e práticos para apontar os problemas resultantes do lançamento inadequado da galeria pluvial. Com o intuito de buscar dados com maiores precisões, foi realizado uma busca de dados mediante a Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos do Município de Palmas – TO. Após esse processo, foram realizadas visitas no local da área de estudo, para busca de dados através de registros fotográficos que foram necessários para a realização da caracterização de aspectos essenciais nos resultados do trabalho. Com os dados foi possível elencar os problemas existentes e verificar as técnicas implantadas como intervenção do problema que não obtiveram desempenho satisfatório. Com o auxílio de bibliografias e de análises dos resultados obtidos através das visitas, foi possível apontar técnicas de caráter vegetativo, edáficos e mecânicos que através das combinações dessas práticas, pudesse ser realizada a minimização dos problemas encontrados, além de identificar medidas não estruturais capazes de participar da composição das alternativas elencadas.

Palavras – chave: Parque Cesamar, drenagem urbana, galeria pluvial, voçoroca, assoreamento.

## **ABSTRACT**

This present work discusses the launching of a rain gallery situated on the right shore of Parque Cesamar, located in the city of Palmas – TO. Considering the importance of the preservation area, this paper had as extent a theoretical and practical background research to point problems resulted from the inappropriate launch in the rain gallery. With the intent on more precise data search, it was performed a data research with the Infrastructure Secretary and City Public Services of Palmas – TO. After this process, visits were taken on the site of study, to look for data through photographic registers that were necessary to the achievement of the description of essential aspects in the research results. Along with the data, it was possible to list the existing problems and verify the technics implanted as interventions of the issues that did not reached satisfying performances. With the support of bibliographies and analysis results obtained through the visits, it was possible to point vegetative, edaphic and mechanicals character thecnics which through the combinations of these practices, was able to minimize encountered problems and identify non structural measures apt to participate on the composition of the listed alternatives.

Keywords: Parque Cesamar, urban drainage, rain gallery, gull, siltation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do ciclo hidrológico.....	16
Figura 2 – Ilustração zona de aeração e saturação.....	17
Figura 3 - Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico.....	18
Figura 4 - Tipos de canais na macrodrenagem.....	23
Figura 5 - Tipos de canais na macrodrenagem urbana em situação de enchente ....	24
Figura 6: Esquema ilustrativo do agravamento dos prejuízos causados pelas inundações.....	26
Figura 7: Esquema de enchente em área de ocupação imprópria na várzea do rio..	26
Figura 8 - Alagamento em ruas da região norte do Rio de Janeiro .....	27
Figura 9 - Assoreamento de Córrego Brejo Comprido .....	30
Figura 10 - Parque Cesamar.....	36
Figura 11 - Voçoroca provocada por erosão hídrica .....	37
Figura 12 - Assoreamento no Lago do Parque Cesamar resultante do transporte dos sedimentos causados pela erosão hídrica .....	38
Figura 13 - Mapa de caracterização dos solos do Município de Palmas – TO.....	40
Figura 14 - Mapa de Caracterização da Vegetação do Município de Palmas - TO ...	41
Figura 15 - Vegetação presente nos entornos dos taludes e da área degradada.....	42
Figura 16 - Ravinas provocadas pela erosão hídrica .....	42
Figura 17 – Afloramento do lençol freático .....	43
<b>Figura 18</b> - Mapeamento do canal de lançamento natural.....	43
<b>Figura 19</b> - Lançamento natural de água pluvial.....	44
Figura 20 - Bacia de detenção com concentração de água .....	45
Figura 21 - Bacia de detenção no período de estiagem. ....	46
Figura 22 - Escada hidráulica .....	47
Figura 23 - Paredões de pedra instalados.....	48
Figura 24 - Formação de Ravinas .....	48
Figura 25 - Bacia de detenção com enrocamento .....	53
Figura 26 - Exemplo de gabião.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Efeitos e impactos causados pelo escoamento superficial .....	20
Quadro 2 - Os valores do coeficiente “C” em função da superfície .....	21
Quadro 3 – Valores de C (Runnoff) com base no tipo de ocupação .....	21
Quadro 4 – Tipos de Drenagem Urbana.....	22
Quadro 5 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas.....	25
Quadro 6 – Ações específicas das medidas estruturais e medidas não estruturais..	31
Quadro 7 – Levantamento florístico das espécies do Parque Cesamar .....	50
Quadro 8 - Tipos de geossintéticos e principais funções.....	55



## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	11
2.PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
3.JUSTIFICATIVA .....	13
4.OBJETIVOS .....	14
4.1.Objetivo Geral .....	14
4.2.Objetivos Específicos.....	14
5.REVISÃO DE LITERATURA .....	15
5.1.Ciclo Hidrológico .....	15
5.1.1. Definição .....	15
5.1.2. Infiltração do solo.....	16
5.1.3. Escoamento superficial.....	19
5.2.Drenagem Urbana .....	22
5.2.1.Definição .....	22
5.2.2.Microdrenagem .....	23
5.2.3. Macrodrenagem.....	23
5.3.Principais problemas e impactos resultantes da drenagem urbana.....	24
5.3.1. Inundações .....	24
5.3.2. Erosão.....	27
5.3.3. Produção e transporte de resíduos sólidos.....	28
5.3.4. Assoreamentos e Transporte de Sedimentos .....	29
5.4.Medidas estruturais e não estruturais .....	30
5.5.Plano Diretor de Drenagem Urbana.....	32
6.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
7.MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
7.1.Área de Estudo .....	35
7.2 Levantamento de Dados .....	38
8.RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	39

8.1. Visita <i>in loco</i> .....	39
8.2. Técnicas mitigadoras empregadas .....	44
8.3. Medidas de recuperação.....	49
8.3.1. Vegetativa .....	49
8.3.2. Edáficas .....	51
8.3.3. Mecânicas.....	52
9. CONCLUSÃO .....	58
10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	59
11. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados a um mal planejamento de infraestrutura na sociedade são recorrentes, pois são motivados pelo intenso processo de urbanização, com a grande ocupação territorial a partir da metade do século XX. Os impactos resultantes das ações antrópicas, em grande parte, acabam resultando em danos irreparáveis, sejam eles para a população ou para o meio ambiente.

A interferência humana em áreas naturais, seja ela na impermeabilização da cobertura natural do solo, modificações na topografia, vegetação, geologia, etc., são fatores que se combinados as ações naturais e climatológicas justificam as adversidades que são presenciadas diariamente.

Fazendo esse paralelo entre ações antrópicas e adversidades causadas por um planejamento de infraestrutura urbana não eficiente, podemos destacar especialmente os sistemas de drenagem de águas pluviais. A resultante desse grande problema está associada basicamente ao grande percentual de impermeabilização do solo, que ao desmatarem a vegetação para processo de urbanização, diminui a capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial de água com grandes velocidades. Esses fatores se combinados a falta de planejamento urbano e ausência de medidas que possam mitigar com eficiência a presença da água, pode causar inúmeros problemas como inundações, erosões, assoreamentos, transporte de sedimentos para o curso d'água ocasionando a presença de agentes patológicos.

A água está presente de várias formas na sociedade, seja para consumo, limpeza e saneamento, abastecimento da população, entre outros (TUCCI, 1997). Desse modo, é necessário um desempenho qualitativo que correlacione urbanização e o meio sustentável. Para Philippi Jr. (2005) o efeito da urbanização sobre os ecossistemas tem gerado uma intensa degradação dos recursos naturais, dificultando de forma significativa a tentativa de se criar um modelo que alie desenvolvimento e sustentabilidade.

Os impactos gerados na cidade são disseminados dentro dela, atingindo a própria população. A gestão desse controle é estabelecida por medidas desenvolvidas dentro da cidade por meio de legislação municipal ou distrital e ações estruturais específicas. Portanto, cabe ao município a gestão nesse espaço (TUCCI, 2012).

As cidades são responsáveis pela criação dos seus Planos Diretores de Drenagem Urbana, que tem a finalidade de mitigar os impactos gerados pelo comportamento das águas pluviais. Para Philippi Jr (2005) a drenagem urbana e manejo de águas pluviais urbanas é o conjunto de atividades, desde a captação até a disposição final, e esse planejamento deve estar inserido nos Planos Diretores com a ideia que a técnica e a tecnologia devem estar a favor da prestação do serviço público, com informações hidrológicas e meteorológicas que devem servir de base para a prática da execução dos projetos de drenagem urbana.

No Brasil, já existem referências de planejamento urbano voltada para a drenagem de águas pluviais. A cidade de Curitiba adota um ótimo exemplo, o Plano Diretor quem tem como foco a instalação de parques lineares, que são capazes de mitigar a vazão e o escoamento das águas pluviais. Uma medida adotada na microdrenagem que auxilia na redução da macrodrenagem.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA**

Existe uma grande necessidade de implantação de sistemas de drenagem devido ao aumento das ocupações urbanas. Em Palmas, esses sistemas têm grandes dimensões e conduzem um extenso volume de águas para os mananciais. Desta forma, o Parque Cesamar tem sofrido as consequências negativas com a implantação dos sistemas de drenagem, bem como a erosão e assoreamento. Por meio deste, surge o problema de pesquisa: “As formas de lançamentos são adequadas? Existem soluções e estruturas para evitar a repetição dos problemas causados por esse lançamento?”.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Diariamente são vistos casos de degradações ambientais associadas a interferência de aglomerações urbanas e pela concentração de grandes volumes de águas pluviais lançadas sem maior preocupação no meio ambiente, que são capazes de acarretar problemas, desde não ser dimensionado com a capacidade de suprir a demanda da precipitação, ou até mesmo agrupar grandes volumes e lança-los de volta aos mananciais de maneira desordenada, com pontos de descarga em alturas elevadas, ou até mesmo sem nenhum redutor de velocidade.

Quando esses casos acontecem em áreas bastante frequentadas e/ou nos centros nas cidades, a mídia e a população se apresentam com uma maior pressão quando comparados a bairros menos frequentados ou bairros que não margeiam os grandes centros.

No trecho entre o lançamento da galeria e o lago, já foram realizadas várias ações com objetivo de reverter os danos ambientais provocados por uma possível má execução do emissário de galeria pluvial. Uma delas que merece destaque foi uma obra milionária de desassoreamento do Lago que paralisou a utilização do Parque por cerca de um ano. Mesmo após interferências físicas com a intenção de sanar os problemas, o Parque encontra-se com as mesmas adversidades pois as intervenções estão focadas apenas nas consequências (assoreamento) e não se está dando a

devida atenção às causas dos problemas. Um deles é a má condução das águas desde o lançamento da galeria até o Lago do Parque.

A descarga de água da galeria em estudo não possui dissipadores de energia e estruturas capazes de conduzir a água de forma segura do ponto de descarga até o Lago do Parque Cesamar, provocando erosão no trecho de condução e assoreamento do Lago.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo Geral**

Avaliar a disposição do lançamento da galeria pluvial contribuinte do Córrego Brejo Comprido, próximo a quadra 308 Sul, lançadas na margem direita do Lago do Parque Cesamar no Município de Palmas – TO e apontar possíveis soluções para o problema.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- a) Caracterizar o emissário de galeria de águas pluviais que é disposto na margem direita do lago do Parque Cesamar, próximo a quadra 308 sul no município de Palmas – TO;
- b) Identificar os impactos decorrentes da descarga das águas pluviais no trecho entre o fim da galeria até o Lago do Parque Cesamar;
- c) Elencar as soluções capazes de mitigar os problemas identificados;
- d) Apontar entre alternativas existentes as mais adequadas para condução das águas pluviais da galeria analisada;

## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1. Ciclo Hidrológico

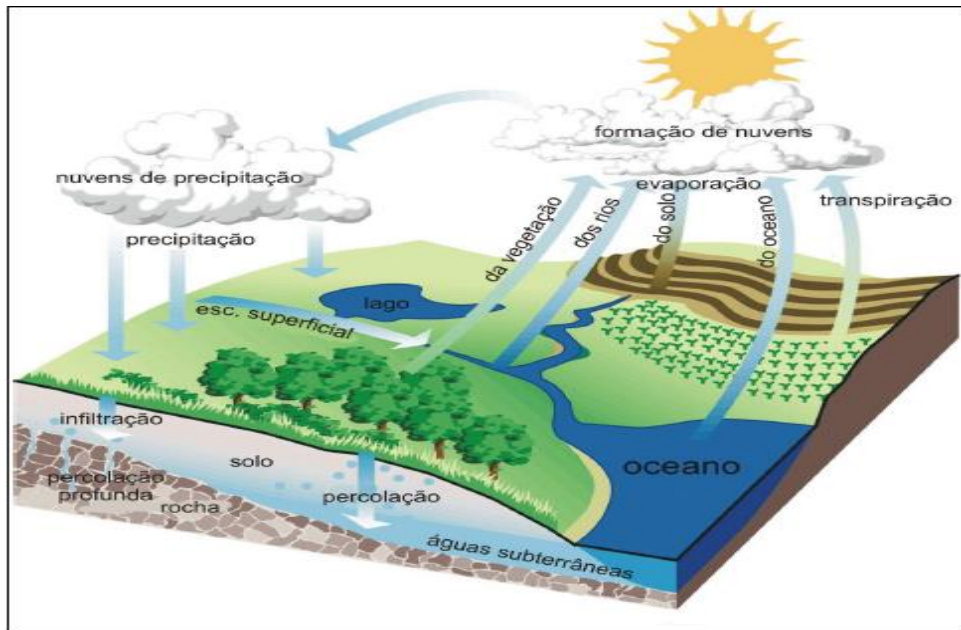
#### 5.1.1. Definição

Segundo Righetto (1998) pode se denominar ciclo hidrológico, todo o processo natural de evaporação, condensação, precipitação, detenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e combinações entre esses componentes.

De maneira simplificada, o ciclo hidrológico pode ser descrito da seguinte forma: a evaporação da água dos oceanos acontece, formando o vapor de água, com isso, o vapor é precipitado na forma de chuva, neve ou granizo, parte dessa precipitação é evaporada sem chegar a atingir a superfície terrestre, grande parte da precipitação atinge diretamente a superfície de lagos e oceanos. Uma pequena parcela é retida no processo de interceptação realizada pela cobertura vegetal (interceptação), onde uma fração é novamente evaporada e outra parte acaba escorrendo até o solo (PAZ, 2004).

Dessa quantidade que atinge o solo, parcela infiltra no solo (infiltração), e uma parte escoar até corpos d'água próximos, como rios e lagos (escoamento subsuperficial), parte infiltrada percola atingindo os aquíferos (percolação), que escoam até rios e lagos (escoamento subterrâneo), quanto à parte da precipitação que atinge o solo, esta vai escoar superficialmente (escoamento superficial), sendo retida em depressões do solo, sofrendo infiltração, evaporação ou sendo absorvida pela vegetação. A outra parte do escoamento superficial segue para rios, lagos e oceanos, sendo direcionada pela gravidade, a vegetação, que retém água das depressões do solo e infiltrações, elimina vapor d'água para a atmosfera (evapotranspiração), através do processo de fotossíntese e a água que alcança os rios, seja por escoamento superficial, subsuperficial ou subterrâneo, ou mesmo precipitação direta, segue para lagos e oceanos, governada pela gravidade, conforme ilustra a Figura 1 (PAZ, 2004).

**Figura 1** - Esquema do ciclo hidrológico



Fonte: Paz (2004)

Assim, o ciclo hidrológico não tem um começo ou fim, foi adotado o início a partir da evaporação do oceano apenas por métodos didáticos por conta de que ela está presente em quase todas as etapas.

### 5.1.2. Infiltração do solo

Com o desenvolvimento urbano, a impermeabilização do solo ocorre em diversas formas, seja em calçadas, áreas cobertas, asfaltos, etc. Com isso, a água que tinha a capacidade de infiltrar no solo acaba sendo escoada pelos condutos, tornando uma relação inversamente proporcional com a infiltração do solo, isto é, quanto maior a impermeabilização do solo, menor a capacidade de infiltração do solo, resultando no aumento do processo de escoamento superficial. Essa infiltração é diretamente ligada as zonas em que são definidas o solo: Zonas de Aeração e Zonas de Saturação.

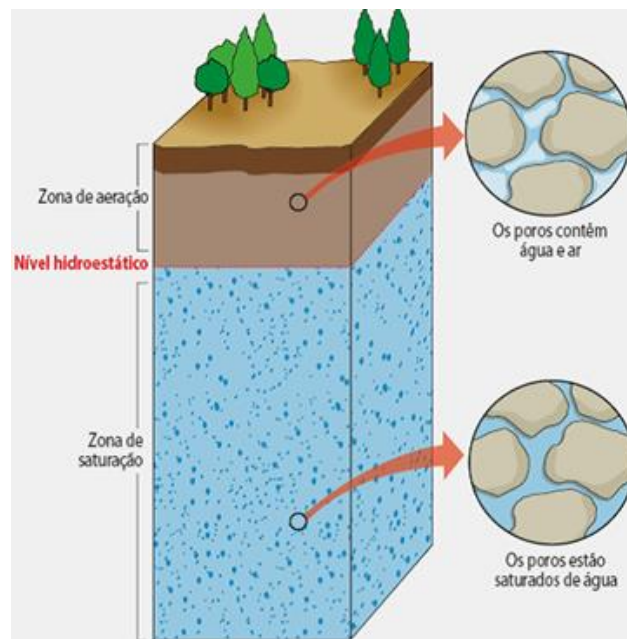
De acordo com Paz (2004) a zona de aeração é a superficial, onde os vazios são parcialmente preenchidos pela água e tem variação de acordo com o nível da precipitação. Por outro lado, define se que a zona de saturação acontece quando os vazios do solo são completamente preenchidos pela água, ou seja, quando o solo



se encontra saturado. Nesta camada é obtida as águas subterrâneas e ocorre o escoamento sob ação da gravidade.

A Figura 2 ilustra de forma detalhada a zona de aeração e saturação simplificando a classificação, além de detalhar a relação água/ar com os poros de cada zona.

**Figura 2 – Ilustração zona de aeração e saturação**



Fonte: Blogspot (2015)

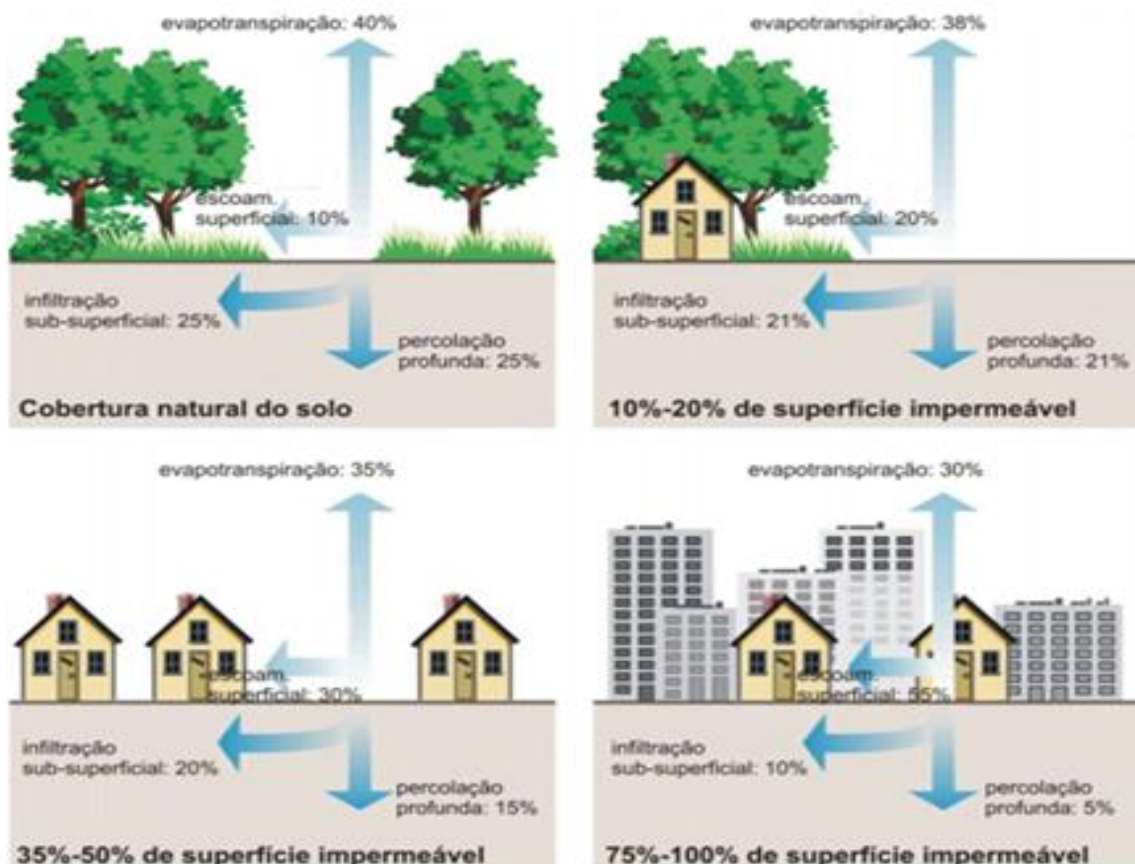
Existem diversos fatores que influenciam no processo de infiltração, alguns aspectos como tipo e umidade do solo, cobertura vegetal, precipitação e o estado em que se encontra a superfície do solo são fatores determinantes nesse processo. Quanto ao estado em que se encontra a superfície do solo, este vem para determinar a variação das diferentes características de infiltração de solo de cada região, isso significa que, solo mais naturais, com menores impactos devido a urbanização e ações do homem são capazes de maiores infiltrações, por outro lado, solos com maiores índices de impermeabilidade, seja ela realizada por solos compactados ou ações antrópicas, ficam atrás quando se trata do processo de infiltração no solo. Em decorrência dessa alta impermeabilização e do rápido escoamento da água por condutos e canais, é provocado danos ao meio ambiente e a população.

De acordo com Tucci (2012) este processo de impermeabilização do solo produz:

- “aumento da vazão máxima e sua frequência das inundações;
- aumento da velocidade do escoamento, resultando em erosão do solo e produção de sedimentos para o sistema de drenagem;
- aumento dos resíduos sólidos que escoam para o sistema de condutos. Os sólidos produzem entupimento e reduzem a capacidade de escoamento de condutos e canais, produzindo maiores inundações;
- deterioração da qualidade da água pluvial devido à lavagem das superfícies urbanas.”

A Figura 3 mostra o efeito da urbanização diretamente ligado a infiltração do solo e ao escoamento superficial. Na medida que é diminuída as áreas verdes e coberturas vegetais para construção de áreas cobertas, calçadas, asfaltos, ações que minimizam as coberturas do solo, tornando as áreas impermeáveis, diminui a infiltração do solo acarretando no aumento do escoamento superficial.

**Figura 3 - Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico**



Fonte: Paz (2004)

### 5.1.3. escoamento superficial

Outra fase do ciclo hidrológico que está diretamente ligado com os problemas de drenagem é o escoamento de águas pluviais. O escoamento de águas pluviais é a parcela de água que percorre a superfície do solo e está ligada diretamente a impermeabilização do solo/infiltração do solo, isto é, na proporção em que ocorre impermeabilização do solo, também ocorre o escoamento superficial. Na medida que o solo não tem mais capacidade de infiltrar, ou seja, está saturado, essa parcela excedente de água vai resultar no escoamento superficial.

Segundo Justino *et al* (2011), de todas as etapas do ciclo hidrológico, a principal fase para os estudos e dimensionamentos hidráulicos para drenagem assim como a gestão de bacias hidrográficas é o escoamento superficial.

Devido a impermeabilização do solo e ao grande processo de urbanização, a parcela de água que escoar superficialmente é consideravelmente maior e mais rápida que em áreas sem urbanização, ou seja, tem-se um aumento na vazão de pico e no volume que escoar de uma bacia hidrográfica quando comparado a áreas naturais com toda sua cobertura vegetal.

De acordo Paz (2004) pode-se dizer que o escoamento superficial é definido como todo o excesso de água pluvial, ou seja, toda a vazão que não é infiltrada no solo e, que conseqüentemente, não é escoada subterraneamente, sendo transportada por gravidade até os rios, vale ressaltar que as mudanças nas características do solo geram interferência nas configurações originais de escoamento das bacias hidrográficas.

No Quadro 1 Tucci e Meller (2007) definem os principais efeitos e impactos que são causados pela combinação da menor infiltração do solo motivada pela impermeabilização causada pela urbanização, e um maior escoamento superficial, além de, determinar ações a serem realizadas para que seja atingido o objetivo dos efeitos.

**Quadro 1** - Efeitos e impactos causados pelo escoamento superficial

<b>Efeitos</b>	<b>Impactos</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Ação</b>
Recarga do aquífero	Diminuição do lençol freático e de vazão de base	Manter os níveis anuais médios de recarga e a vazão de base	Infiltração na área desenvolvida
Qualidade da água	Aumento da carga de poluentes na água pela lavagem das superfícies urbanizadas	Reduzir a 80% da carga da qualidade da água devido a eventos pluviais	Tratar o volume dos sólidos suspensos das superfícies urbanas
Erosão e assoreamento	Erosão do leito dos canais devido ao aumento da vazão e da velocidade	Reduzir a energia de escoamento	Restringir a vazão pré-desenvolvimento e dissipar a energia por meio de reservatórios ou dissipadores
Inundação da drenagem urbana	Inundação na drenagem urbana devido ao aumento da vazão	Manter a vazão de pico menor ou igual a de pré-desenvolvimento	Infiltração ou amortecimento na área desenvolvida
Áreas ribeirinhas e eventos extremos	Impactos devido a eventos nas áreas ribeirinhas e segurança nos dispositivos hidráulicos	Mitigar os impactos extremos, não ampliação dos limites da planície de inundação e dimensionamento de estruturas de emergência nos reservatórios.	Controle com reservatório e/ou zoneamento

Fonte: Adaptado de Tucci e Meller (2007)

#### 5.1.3.1. Coeficiente de Runnoff

Em parcelas de água que não são infiltradas no solo, gera um escoamento superficial, isto é, uma parcela de água que desliza sobre a superfície do solo de acordo com a gravidade. Esse coeficiente é relacionado com o volume de origem da precipitação. Segundo Tucci (2000), esse coeficiente representa a quantidade de água de escoamento gerada pelas bacias em eventos chuvosos.

O Quadro 2 mostra a relação entre o tipo de superfície e o valor do coeficiente C determinados por Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007). Esse coeficiente é determinado conforme a superfície do solo e é definido através da razão do volume de água escoado e superficialmente e o volume de água precipitado.

**Quadro 2** - Os valores do coeficiente “C” em função da superfície

Superfície	Coeficiente de Runoff	
	Intervalo	Valor Esperado
<b>PAVIMENTO</b>		
Asfalto	0,70 - 0,95	0,83
Concreto	0,80 - 0,95	0,88
Calçadas	0,75 - 0,95	0,80
Telhado	0,75 - 0,95	0,85
<b>COBERTURA: GRAMA, ARENOSO</b>		
Plano (2%)	0,05 - 0,10	0,08
Declividade Média (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
Declividade Alta (7%)	0,15 - 0,20	0,18
<b>GRAMA, SOLO PESADO</b>		
Plano (2%)	0,13 - 0,18	0,15
Declividade Média (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,20
Declividade Alta (7%)	0,25 - 0,35	0,30

Fonte: Adaptado de Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007)

No Quadro 3, Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007) determina os valores do coeficiente de Runoff em função do tipo de ocupação da área, dessa forma, deixa evidente que, quanto mais urbanizada a área, maior será o coeficiente.

**Quadro 3** – Valores de C (Runoff) com base no tipo de ocupação

Descrição da Área	Coeficiente de Runoff
<b>ÁREA COMERCIAL</b>	
Central	0,70 - 0,90
Bairros	0,50 - 0,70
<b>ÁREA RESIDENCIAL</b>	
Residências Isoladas	0,35 - 0,50
Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 - 0,60
Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,65
Lotes Superiores a 2.000m <sup>2</sup>	0,30 - 0,45
<b>ÁREA COMERCIAL</b>	
Áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
<b>ÁREA INDUSTRIAL</b>	
Indústrias Leves	0,50 - 0,80
Indústrias Pesadas	0,60 - 0,90
Parques, cemitérios	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
Pátios ferroviários	0,20 - 0,40
Área sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: Adaptado de Costa, Siqueira e Menezes Filho (2007)

## 5.2. Drenagem Urbana

### 5.2.1. Definição

A drenagem urbana consiste na rede de coleta da água e de resíduos sólidos, que se origina da precipitação sobre as superfícies urbanas, e no seu tratamento e no retorno aos rios (TUCCI, 2005).

De acordo com Botelho (1998) a construção do sistema de drenagem, procura-se assegurar o trânsito de pedestres e veículos, controlar as erosões, proteger as propriedades localizadas em áreas sujeitas a inundações e erosões e conseqüentemente, os cidadãos, proteger logradouros e vias públicas, proteger e preservar os fundos de vales e os cursos de água e eliminar a proliferação de doenças e áreas insalubres.

Dessa forma, a água que é precipitada, deve ser o mais rápido possível escoada, para que com isso, consiga reduzir ao máximo a exposição a população e das construções, os riscos das inundações, evitando tantos outros impactos e assegurando a qualidade de vida do meio ambiente e da sociedade.

Segundo Tucci et al. (2001), o sistema de drenagem deve ser compreendido como a junção da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. É desenvolvido devido uma grande série de medidas que visam diminuir os riscos a que estão expostas as populações, minimizando os prejuízos causados pelos alagamentos, inundações e pode ser dividido em: microdrenagem e macrodrenagem.

No Quadro 4, FEAM (2006) apresenta definições e divisões dos tipos de drenagem urbana, além de detalhar os elementos no quais são constituídos.

**Quadro 4 – Tipos de Drenagem Urbana**

MICRODRENAGEM	MACRODRENAGEM
São estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou canais urbanos.	São dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana.
É constituída pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meios fios.	É constituída pelos principais talvegues, fundos de vales, cursos d'água, independente da execução de obras específicas e tampouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.

Fonte: Adaptado de FEAM (2006)

### 5.2.2. Microdrenagem

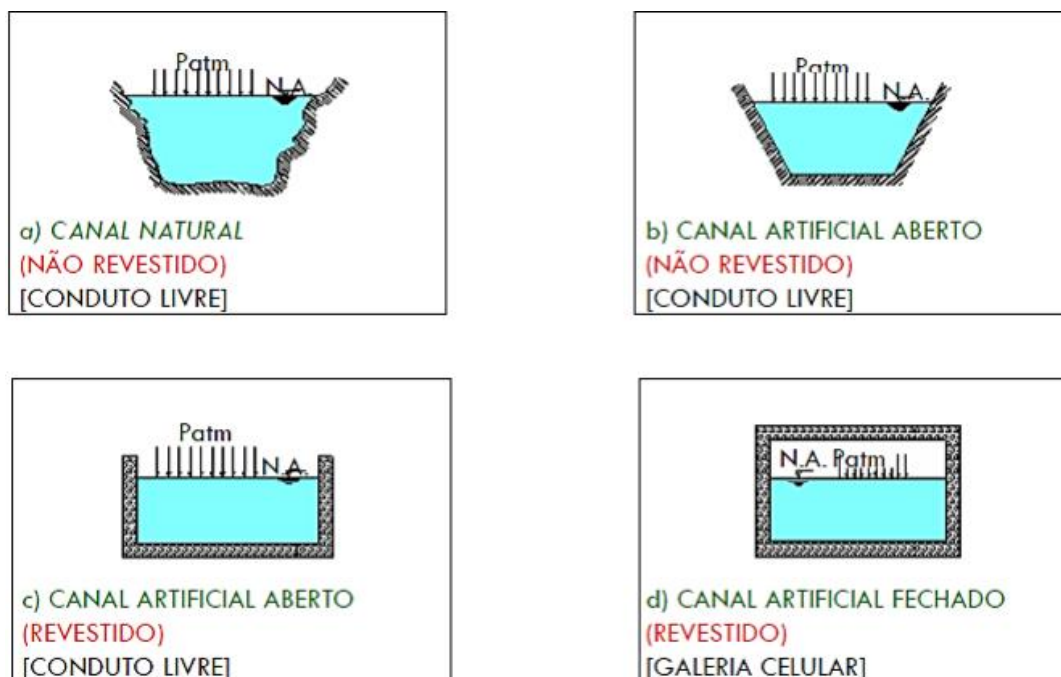
A Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA (2002) definem microdrenagem como o conjunto de elementos estruturais que tem a capacidade de drenar as águas pluviais nos domínios de lote ou rede primária de drenagem, onde o volume de água pluvial coletado nas áreas de influência é direcionado através de condutos até o devido ponto jusante na macrodrenagem.

### 5.2.3. Macrodrenagem

Macrodrenagem é a constituição de estruturas que são responsáveis pelo recebimento da contribuição da microdrenagem, sendo formadas pelos cursos d'água, galerias, fundos de vales, etc.

A Figura 4 mostra os tipos de canais na macrodrenagem e evidencia como deveriam ser executados de formas dimensionadas para que suportem as enchentes.

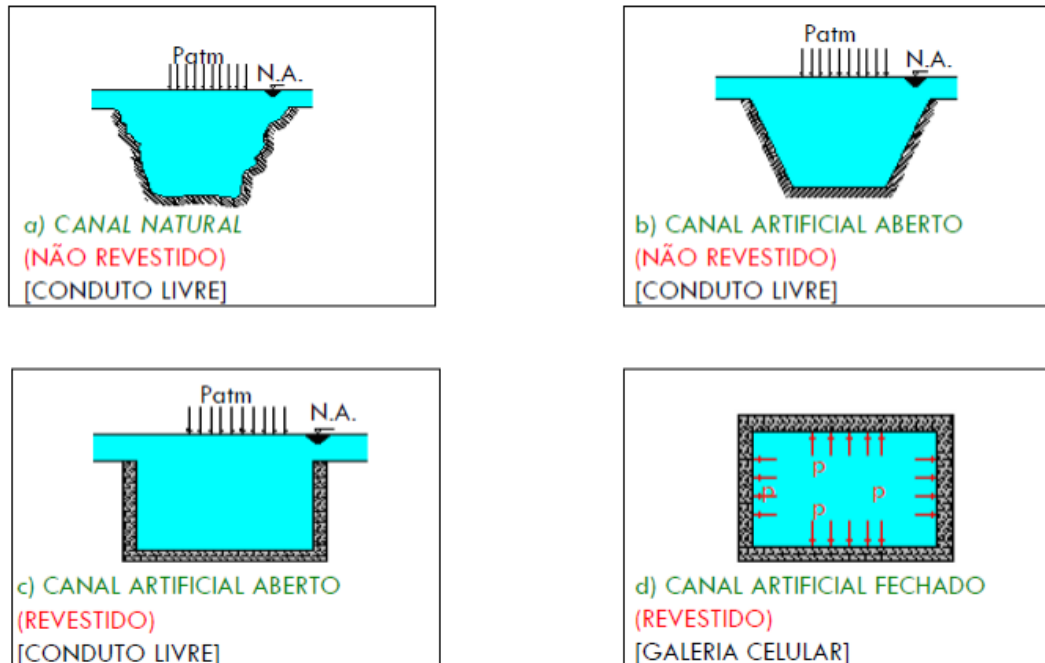
**Figura 4** - Tipos de canais na macrodrenagem



Fonte: Knapik (2017)

A Figura 5 ilustra a situação de canais que não foram dimensionados de forma adequada e que no decorrer da inundação não suportaram a demanda de escoamento que aquela precipitação necessitava.

**Figura 5** - Tipos de canais na macrodrenagem urbana em situação de enchente



Fonte: Knapik (2017)

### 5.3. Principais problemas e impactos resultantes da drenagem urbana

Com o avanço da urbanização, as medidas usadas para modernizar e facilitar o desenvolvimento dos processos climatológicos, acabam de certa forma não sendo pensadas de formas sustentáveis e não levando em conta os impactos socioambientais que são ocasionados por essas ações, desse forma, a consequência não poderia ser diferente a não ser o acarretamento de uma série de problemas que refletem na vida da população.

#### 5.3.1. Inundações

A inundação é um problema frequentemente vista nos tempos atuais, causadas pelas ações antrópicas e pela falta de planejamento de um melhor



funcionamento dessas ações ou pela ocupação imprópria de populações se arriscam a viver em áreas de relevos que são propícios e recorrentes a esse problema.

Segundo Tucci (2012) as inundações podem ser classificadas como: inundações ribeirinhas e inundações devido à urbanização ou à drenagem urbana. As inundações ribeirinhas são geradas na bacia hidrográfica devido ao grande volume de chuva que não consegue ser drenado, inundando a várzea de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios e ocorrem em função dos processos climáticos locais e regionais. Já a inundações devido à urbanização ou à drenagem urbana, é resultante da impermeabilização do solo, que acelera o escoamento superficial através dos 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 ravinamento natural.

O Quadro 5 apresenta de forma objetiva e simplificada as causas e efeitos que são os responsáveis para a ocorrência das inundações.

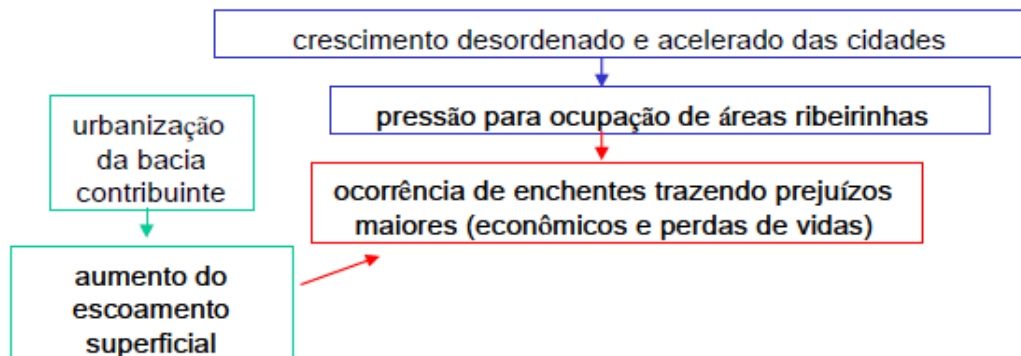
**Quadro 5 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas**

CAUSAS	EFEITOS
Impermeabilização	Maiores picos de vazões
Redes de drenagem	Maiores picos a jusante
Resíduos sólidos urbanos	Entupimento de galerias e degradação da qualidade das águas
Redes de esgoto	Degradação da qualidade, sanitários deficientes das águas e doenças de veiculação hídrica
Desmatamento e desenvolvimento	Maiores picos e volumes, maior erosão e assoreamento
Ocupação das várzeas	Maiores picos de vazão, maiores prejuízos e doenças de veiculação hídrica

Fonte: FEAM (2006)

A Figura 6 ilustra os agravantes responsáveis pelos prejuízos causados pelas inundações.

**Figura 6:** Esquema ilustrativo do agravamento dos prejuízos causados pelas inundações



Fonte: Paz (2004)

Na Figura 7 são apresentadas as situações de rio na vazante, enchente e inundação, além de ilustrar as ocupações para cada um dos casos.

**Figura 7:** Esquema de enchente em área de ocupação imprópria na várzea do rio

Fonte: Botelho (1998)

Segundo Tucci (2003), inundações devido à urbanização são as que ocorrem na drenagem urbana devido às chuvas intensas e ao efeito da impermeabilização do solo ou obstrução ao escoamento.

Tratando se de inundações e os transtornos que elas causam, a Figura 8 mostra um exemplo claro de alagamentos frequentemente visto na sociedade.

**Figura 8** - Alagamento em ruas da região norte do Rio de Janeiro



Fonte: G1 (2013)

### 5.3.2. Erosão

A erosão é o processo de carregamento dos solos cujos agentes podem ser a água, os ventos ou outros. Com o grande avanço da urbanização, a impermeabilização do solo e o escoamento superficial andaram juntos em um crescimento exponencial, dessa forma, a ocorrência desse grande escoamento superficial sem elementos de dissipação de energia que diminuem a velocidade de escoamento vem sendo o principal causador no processo de erosão.

Segundo Galerani (1995), esse processo é agravado pela ação humana, através da alteração das características das condições naturais, seja pelo desmatamento, remoção de encostas e pela ocupação desordenada e irregular das mesmas, aumento das áreas impermeabilizadas, ou criação de caminhos preferenciais pela construção de vias de acesso.

Lepsch (2002) define que, apesar de existir outros tipos de erosão, como a eólica, glacial e organogênica, no Brasil a erosão hídrica é uma das principais

protagonistas da degradação do solo. Esta se caracteriza por meio da desagregação que é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva e pelas águas que escorrem superficialmente.

De acordo com Salomão (2007), a maior parte das cidades instaladas em terrenos constituídos por solo de textura arenosa e relativamente profundos apresentam erosões por ravinas e voçorocas, causadas especialmente pela concentração das águas de escoamento superficial.

### 5.3.3. Produção e transporte de resíduos sólidos

De acordo com a trajetória, relevo e obstáculos, é definida a velocidade do escoamento superficial. Dessa forma, na medida que o escoamento é encontrado esses obstáculos, acontece perda de energia, conseqüentemente, uma parcela dessa energia é gasta é usada para deslocamento de partículas, causando degradação do solo. Com isso, essas partículas são carregadas conforme o fluxo do escoamento. Conseqüentemente, acarreta uma série de resíduos que são produzidos diretamente na jusante do rio.

Não é só em função dos resíduos que são desagregados no fluxo do escoamento que acarreta na produção de resíduos, um sistema de coleta que não é desempenhado de forma correta também é uma das causas, principalmente, em seqüências de dias não chuvosos, onde a produção de resíduo pode aumentar de forma significativa, após o incorreto desempenho desse sistema, com o acúmulo de resíduos, uma ocorrência de um dia de chuva, todo esse resíduo pode se deslocar se direcionando para o sistema de drenagem. Onde além da produção de resíduos a jusante do rio, pode acarretar uma série de fatores como contaminação das águas, entupimentos dos sistemas de drenagem acarretando inundações, e uma série de fatores.

Segundo Tucci (2012), os resíduos sólidos que chegam à drenagem produzem impactos ambientais a jusante e reduzem a capacidade de escoamento, aumentando a frequência das inundações. Quanto mais ineficiente for o sistema de coleta de resíduos de uma cidade, maior será o ônus para o sistema de drenagem. Portanto, é necessário desenvolver um sistema de eficiência que integre a drenagem

à coleta dos resíduos e limpeza urbana. A grande produção de resíduos na drenagem ocorre principalmente após alguns dias sem chuva. Quando a chuva ocorre, a carga é muito alta. Portanto, o planejamento da limpeza urbana antes dos dias chuvosos é uma prática fundamental para reduzir a quantidade de material sólido na drenagem.

Pode-se afirmar também que, de acordo com a velocidade que esse escoamento se encontra, na medida que suas energias são dissipadas, gerando um grande carregamento de resíduos ao rio em uma sequência de acontecimentos, pode-se gerar danos quase que irreparáveis, como por exemplo, grandes voçorocas devido ao rápido escoamento e, assoreamento dos rios devido à disposição desses resíduos originados pelas voçorocas.

#### 5.3.4. Assoreamentos e Transporte de Sedimentos

Segundo Carvalho (2000) a sedimentação é um processo originada do sedimento, por ser amplo, abrange a erosão, transporte e deposição dos sedimentos nos cursos d'água. Os sedimentos que chegam ao rio, tem origem referente a área de drenagem que a ele pertence. Com isso, os sedimentos são transportados através dos canais fluviais. A produção desse sedimento é causada pela erosão, que é definida devido o escoamento das águas pluviais e das características de transporte de sedimento nos cursos d'água.

Os principais fatores que influenciam diretamente a produção de sedimentos referentes à área de drenagem são precipitação, tipo de solo e formação geológica, cobertura do solo, uso do solo, topografia, natureza e rede de drenagem, escoamento superficial, características dos sedimentos e a hidráulica dos canais (CARVALHO, 2000).

É importante lembrar que, esses fatores não necessariamente acontecerão de forma únicas, na maioria dos casos, o que geralmente acontece é uma sequência e/ou combinação desses fatores. Vale ressaltar também, que outros fatores poderiam ser adicionados nesses fatores.

A Figura 9 mostra uma área do Parque Cesamar, nosso objeto de estudo, que se encontra assoreado novamente após obras de desassoreamento.

**Figura 9** - Assoreamento de Córrego Brejo Comprido



Fonte: G1 Tocantins (2019)

#### **5.4. Medidas estruturais e não estruturais**

Para Philippi Jr. (2005), o sistema de drenagem é composto de dois tipos de medidas: as medidas estruturais e as medidas não estruturais. As estruturais seriam as chamadas obras hidráulicas que são fundamentais um ótimo escoamento das águas pluviais, criadas com a função de diminuir os impactos causados pelas enchentes.

As medidas estruturais podem ser definidas como intensivas ou extensivas e custam mais caras que as medidas não estruturais, e para a determinação de cada caso, vários estudos e análises deverão ser realizados. A solução ideal deve ser analisada para cada caso em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais de seu impacto (TUCCI, 2012).

De acordo com Macedo (2004), as medidas estruturais intensivas são aquelas que operam diretamente nos cursos d'água, através da composição de estruturas como diques, muros de contenção, reservatórios de acumulação e retardamento, canais de desvios e obras de engenharia modificadoras da morfologia do curso d'água e têm como objetivo modificar a configuração natural de escoamento

do curso d'água, seja pela aceleração, retardamento e desvio do escoamento, minimizando assim os efeitos de uma enchente em determinadas áreas.

Segundo Tucci (1993) as extensivas são as medidas que operam na bacia, alterando as relações entre precipitação e vazão, fazendo com que através de medidas físicas diretas na bacia possa diminuir o coeficiente de escoamento e reduzir os efeitos da erosão e, como consequência, a redução dos riscos de enchentes, essas medidas extensivas são, na maioria das vezes, inviáveis para bacias médias e grandes, sendo geralmente aplicável para pequenas bacias.

Para Philippi Jr. (2005), as medidas não estruturais correspondem a propostas com objetivos de minimizar os efeitos causados pelas águas pluviais, que não implicam em grandes obras de engenharia, as duas medidas devem se complementar.

De acordo com Andrade (2004) podemos definir alguns exemplos de medidas não estruturais: zoneamento das áreas de risco, planejamento do uso do solo, sistemas de previsão e alerta, seguro contra enchentes, além de projetos de conscientização e educação ambiental junto à população, além do plano diretor de drenagem urbana, que é um instrumento necessário de auxílio na gestão das águas pluviais.

No Quadro 6, Martins (2012) define as ações específicas de cada medida AS quais pertencem as medidas estruturais e medidas não estruturais.

**Quadro 6** – Ações específicas das medidas estruturais e medidas não estruturais

<b>Ações específicas das medidas estruturais e não estruturais</b>	
<b>Medidas Estruturais</b>	<b>Medidas Não Estruturais</b>
Ampliação, modificação, retificação, revestimento, canalização dos cursos d'água naturais ou execução de galerias	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos, margens e entorno de lagos e rios
Armazenamento ou desvio das águas a montante da região sujeita a inundações	Controle do uso do solo fora da área de inundação
Diques, muros e floodwalls	Securitização da área de risco de inundação
Alterações em pontes e travessias	Sistema de Previsão, antecipação e alerta
Bacias de retenção, detenção e amortecimento	Tratamento das populações em encostas e áreas baixas
Bacias de sedimentação, retenção de detritos e lixo	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem

<b>Ações específicas das medidas estruturais e não estruturais</b>	
<b>Medidas Estruturais</b>	<b>Medidas Não Estruturais</b>
Repermeabilização e permeabilização artificial do solo	Programa de ação emergencial
Relocação e demolição de estruturas	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado

Fonte: Adaptado de Martins (2012)

### **5.5. Plano Diretor de Drenagem Urbana**

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é uma ferramenta de gestão das águas pluviais da cidade na intenção de auxiliar nas decisões das medidas a serem tomadas. Este plano deve ser desenvolvido em compatibilidades com os demais planos da cidade tanto no saneamento quanto no Plano de Diretor Urbano. A Lei Federal nº 445/2007 prevê a elaboração deste plano.

De acordo com Tucci (2012), o Plano Diretor de Drenagem Urbana pertence ao Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto, deve ser planejada em compatibilidade com os outros sistemas, principalmente o plano de controle ambiental, o esgotamento sanitário, a disposição de material sólido e tráfego. Além disso, o Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os dispositivos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbanizada. Esse planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saúde da população e preservar o meio ambiente da cidade, coerente com os princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade.

O Plano Diretor de Drenagem urbana é um exemplo claro de uma medida não estrutural. Existem no Brasil, algumas cidades referências quando se analisado o sistema de drenagem, como por exemplo Curitiba, priorizando a drenagem sistêmica, que tem como finalidade defender a ideia de que o problema precisa ser sanado na microdrenagem para que o problema não seja acrescido como uma bola de neve.

Em uma de suas principais vertentes, é a criação de parques lineares com vegetações com grande capacidade de infiltração da parcela precipitada no solo.



Dessa forma, grande parte da água que chega até as galerias pluviais seriam distribuídas nesses parques lineares por forma de infiltração no solo, evitando grande energias no escoamento, o que diminuiria uma grande parcela do problema de disposição dos emissários de galerias pluviais.

Ainda segundo Tucci (2012), a política do plano tem como base os princípios e objetivos do controle das águas pluviais, colocando em prática estratégias de desenvolvimento do plano e aplicando cenários de desenvolvimento urbano e riscos para a urbanização. Um dos grandes fatores que dificultam a implementação desse planejamento, tem como justificativa a limitada capacidade que os municípios possuem, em enfrentar problemas que de certa forma, são complexos e abrangente em diversas áreas.

## 6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com a finalidade de confirmar aos objetivos mencionados, buscamos uma metodologia a fim de elaborar um estudo sobre a forma de lançamento e condução adequada das águas provenientes do emissário de águas pluviais situado a margem direita do lago do Parque Cesamar.

A metodologia será dividida nas seguintes etapas:

1. Elaboração de pesquisa bibliográfica relacionada aos fatores que influenciam e impactam na drenagem urbana em Palmas - TO. Nessa etapa serão pesquisados: a composição e as características do ciclo hidrológico, bem como escoamento superficial, erosão, transporte de resíduos sólidos, recuperação de áreas degradadas entre outros dados que podem ser observados através da busca de dados que será realizada na Secretaria Municipal de Planejamento de Palmas - TO.
2. Caracterização *in loco* da região de estudo, desde o fim da galeria até o lago do Parque Cesamar, sendo concretizada e registrada a situação existente no local, realizando um registro fotográfico que será utilizado para a caracterização visual para identificação de possíveis problemas, técnicas mitigadoras aplicadas e a sugestão de alternativas capazes de minimizar os impactos.
3. Pesquisa sobre dissipadores de energia e formas de condução de água, proteção de locais de lançamento de drenagem e técnicas de recuperação de áreas degradadas pelo lançamento de águas provenientes de drenagem urbana, lançamentos dos emissários de galeria de águas pluviais em outros locais, impactos dos mesmos nos respectivos córregos e as metodologias utilizadas em lançamentos semelhantes ao do estudo.

4. Apresentação de técnicas e alternativas viáveis para serem utilizadas como possíveis soluções dos problemas apresentado no local de estudo.

## **7. MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia adotada nesse trabalho é dividida em duas fases.

A primeira realizada através do método de caráter exploratório a partir de levantamento bibliográficos, abrangendo livros, documentos, dissertações, teses, artigos e publicações para caracterizar a área de estudo.

A segunda consiste no levantamento e coleta de dados referente ao Parque Cesamar e a galeria em estudo, de maneira a obter o tipo de solo, vazão da galeria, dimensões, e etc., além de fazer uma pesquisa sobre os métodos de revitalizações já aplicados no parque.

Com o auxílio de informações e visitas *in loco* serão apresentados um apanhado de alternativas, relacionando as alternativas aplicadas, com novas possíveis soluções.

Os dados serão apresentados em forma de figuras, quadros e mapas de identificações arranjados por meios de recursos computacionais e de registros fotográficos de autoria própria.

### **1.1. 7.1. Área de Estudo**

O Município de Palmas se localiza na região central do Estado do Tocantins. A capital do Estado se encontra na região Norte do Brasil, entre as coordenadas 10° 11' 04" Sul e 48° 20' 01" Oeste, sendo que no Paralelo 10 Sul e o Meridiano 48 Oeste passam por dentro do território do município e sua altitude de 260 m. Além disso, o município conta com a população de 229.332 habitantes distribuídos em uma área de 2.218,942 km<sup>2</sup>, (IBGE, 2010), e faz fronteira com os municípios de Porto Nacional, Paraíso do Tocantins, Aparecida do Rio Negro, Santa Tereza do Tocantins e Lajeado.

O Parque Cesamar foi inaugurado em março de 1998, ocupando área às margens do córrego Brejo Comprido, afluente do rio Tocantins, que totaliza 6.000 m de perímetro pertencendo a este perímetro as respectivas quadras: 102, 108, 110,

208, 210, 212, 312 ao Sul e 110, 112 ao Norte, além de estar inserido na Área de Proteção Ambiental – APA, criada pela Lei Estadual N°. 906/1997 (OLIVEIRA, 1998).

A Lei Municipal n. 1.406, de 2005, que institui o plano de uso e ocupação do Parque Cesamar, determina seus objetivos e finalidades, que são eles: proteger a bacia do Brejo Comprido, preservar fauna e flora, promover o desenvolvimento social e aproveitar as condições da paisagem para atividades educativas e de lazer e recreação (PALMAS, 2005).

Nessa perspectiva, o Parque Cesamar foi dividido em três áreas - reserva biológica, paisagem cultural e área de lazer. A área de reserva biológica é destinada a manutenção da fauna e flora, podendo ser utilizada para pesquisas científicas e educação ambiental. Na área destinada à paisagem cultural fica permitida a realização de reuniões, exposições, expedições e outras atividades. E, por fim, a área de lazer destina-se às atividades de recreação e esportivas da população (PALMAS, 2005).

No Parque Cesamar foi criado, por meio de represamento do Brejo Comprido, um lago com volume d'água de aproximadamente 500.000 m<sup>3</sup>. A bacia do córrego Brejo Comprido ocupa área de 62,14 km<sup>2</sup> estando dois terços inseridos na área urbana (Figura 10) um terço em área rural (SOUZA e FIGUEROA, 2012).

**Figura 10 - Parque Cesamar**

Fonte: Google Earth Pro

A galeria em estudo está situada na margem direita do Lago do Parque Cesamar, próximo à quadra 308 Sul e, é responsável por atender a demanda da drenagem de água pluvial de uma grande área de influência que é definida pelas quadras 208 Sul, 210 Sul e 308 Sul.

Com a grande vazão de água pluvial de lançamento de, aproximadamente, 7,10 m<sup>3</sup>/s, seria fundamental medidas com capacidade de dissipar a energia dessa água, porém, não é o que se encontra. Devido à ausência desses elementos e/ou a má execução dos que foram aplicados, uma grande voçoroca se formou em função da erosão hídrica. A erosão que parte da descarga da galeria, segue de acordo com a topografia em um trecho de aproximadamente 360 m em direção ao curso d'água. A Figura 11 ilustra a voçoroca que foi ocasionada devido ausência de medidas eficientes capazes de dissipar a energia da água em que é realizada o lançamento da galeria.

**Figura 11 - Voçoroca provocada por erosão hídrica**



Fonte: Google Earth Pro

A erosão hídrica resulta no surgimento de grandes voçorocas, que por sua vez, são responsáveis pelo deslocamento das partículas do solo que, por falta de medidas capazes de diminuir esse impacto, são transportadas pelo fluxo e depositados no curso d'água. A Figura 12 identifica o assoreamento no Lago do Parque.

**Figura 12** - Assoreamento no Lago do Parque Cesamar resultante do transporte dos sedimentos causados pela erosão hídrica



Fonte: Google Earth Pro

## 1.2. 7.2 Levantamento de Dados

Com a utilização de métodos exploratórios foi realizada uma busca de dados na Secretaria Municipal de Infraestrutura de Palmas, que fica localizada na quadra 112 Sul, Av. LO 27, com a finalidade de obtenção de informações como: características do solo, volume de água que chega na galeria, topografia, dimensões da galeria, entre outros, que são capazes de auxiliar na definição dos resultados.

Com o objetivo de maior precisão na obtenção dos resultados, foram realizadas visitas *in loco* com o professor Me. Clerson Dalvani Reis, onde foram realizados registros fotográficos durante toda a extensão do trecho da voçoroca com a finalidade de realizar uma caracterização visual do local. Durante as visitas, foi possível identificar o estágio em que o problema se encontra e a medidas já instaladas

com a finalidade de mitigar os problemas. Com os mapas disponibilizados pelo site da Prefeitura foi possível identificar o solo e a vegetação existente na região.

Após a identificação total do problema, foram utilizadas bibliografias para apontar as possíveis soluções.

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **8.1. Visita *in loco***

No dia 24 de julho de 2019, foi realizada a visita *in loco* e durante a análise da descarga da galeria foi possível identificar grandes impactos ambientais consequentes da ausência de medidas capazes de dissipar a energia, causada pelo grande volume de água em que é interceptado pela galeria. Em resultado de uma erosão hídrica, grandes voçorocas são criadas e, com isso, as partículas de solo que são desagregadas, são carregadas em direção ao curso d'água causando o assoreamento do Lago. Esses danos ambientais provocados em função desta erodibilidade devem ser reparados de formas imediatas.

Outras medidas de intervenções para mitigar esses danos já foram realizadas, porém, foram medidas sem sucesso. A revitalização ambiental que deve acontecer no Parque, tem como objetivo estabilizar esse processo erosivo que pode ser observado nos taludes durante toda a extensão do trecho e no assoreamento no Córrego Brejo Cumprido.

De acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos do Município de Palmas, a dimensão real da galeria é de 2x2m e a vazão que chega até o ponto de lançamento da macrodrenagem é de 7,10 m<sup>3</sup>/s, ou seja, isso combinado com as características do solo e ausência de elementos eficazes capazes de mitigar a energia imposta pela vazão, foi crucial no desencadeamento do processo erosivo.

Com a realização das visitas *in loco*, foi possível realizar registros fotográficos de modo a ilustrar o estado em que se encontra as voçorocas, além de identificar a saída da galeria em contato com o canal de drenagem, as medidas de intervenção usadas com objetivo de mitigar os impactos, os afloramentos rochosos, a

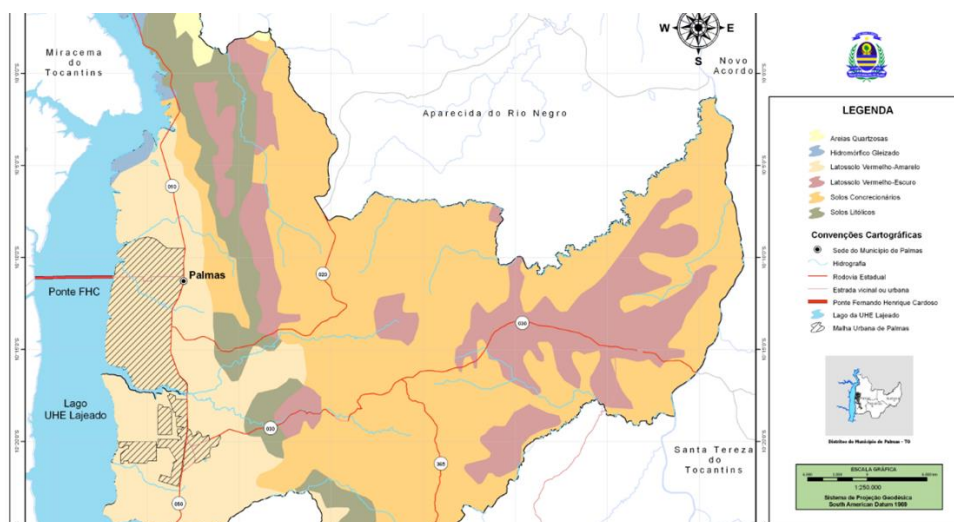


vegetação, afloramento do lençol freático, além de outro ponto de lançamento de água que ocorre em um canal natural formado pela topografia do terreno.

A identificação do solo pôde ser realizada através de mapas fornecidos no site da Prefeitura de Palmas, o solo Latossolos Vermelho Amarelo que, são reconhecidos pelas suas cores homogêneas, são profundos e possuem grande capacidade de infiltração do solo, elevada permeabilidade e, é caracterizado por uma textura média e argilosa, além de possuir baixa retenção de água e baixa coesão. São definidos por ter maior estresse hídrico nos períodos de estiagem e maior erodibilidade, além de possuir maior capacidade de erosão quando a declividade possui uma maior elevação. (MOUZINHO, 2018)

A Figura 13 ilustra os tipos de solo que são pertencentes do Município de Palmas. Por uma definição da malha urbana, foi possível identificar de forma clara o tipo de solo pertencente a área de estudo.

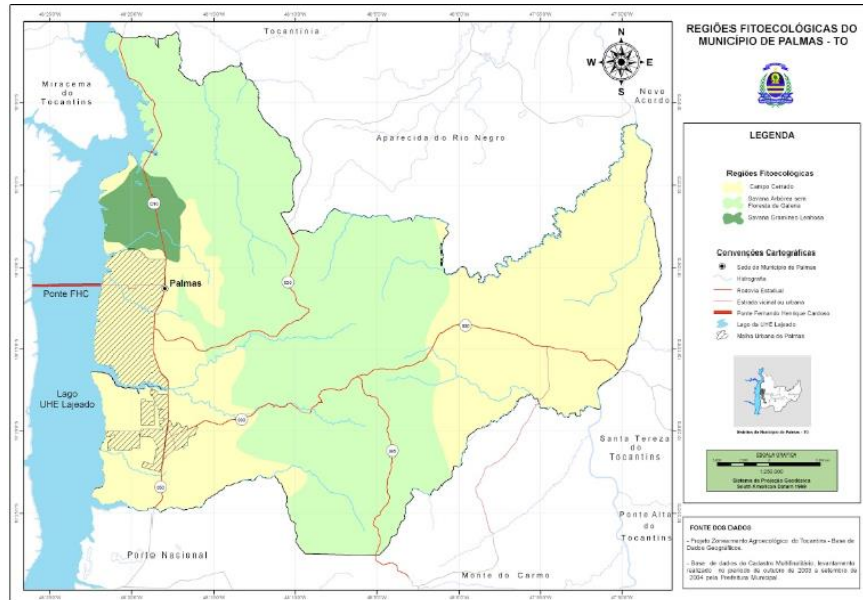
**Figura 13 - Mapa de caracterização dos solos do Município de Palmas – TO**



Fonte: GEOPALMAS

A vegetação do Parque é classificada como cerrado. Vale observar que no entorno de toda a área degradada, incluindo toda a extensão dos taludes, existe cobertura de vegetação nativa. Isso se mostra de forma positiva por facilitar a ação de reflorestamento da área. Em uma das considerações da visita *in loco* nota-se que a área é composta por espécies produtoras de sementes, isso se associados com ações naturais como a habitação de animais e o próprio vento, contribui para a dispersão dessas espécies. A Figura 14 classifica a vegetação do Município de Palmas.

**Figura 14 - Mapa de Caracterização da Vegetação do Município de Palmas - TO**



Fonte: GEOPALMAS

É relevante listar que dentro da própria área degradada e nas bases dos taludes é possível identificar manifestação da vegetação, isso mostra que o solo possui boa capacidade de regeneração. A Figura 15 ilustra a vegetação composta pela extensão dos taludes e dentro da área degradada.

**Figura 15 - Vegetação presente nos entornos dos taludes e da área degradada**



Fonte: Autor Próprio

Por conta da erosão hídrica foi possível identificar em alguns pontos, a queda da base de fixação da vegetação. Isso ocorre pela ação da água que ao escoar no interior da voçoroca, provoca um carreamento do solo nas bases dos taludes, provocando o solapamento do terreno e a queda da base de fixação da vegetação.

Por toda a extensão da voçoroca, é possível encontrar o surgimento de ravinas, isso se dá pela velocidade do escoamento superficial da água que é lançada da galeria, juntamente com a declividade dos taludes e da voçoroca e com o desnível topográfico. A diferença de cota desde o lançamento da galeria até o fim do trecho degradado é de aproximadamente 15 m. A Figura 16 mostra o aparecimento de ravina provocado por esse processo.

**Figura 16** - Ravinas provocadas pela erosão hídrica



Fonte: Autor Próprio

Em um ponto da voçoroca foi possível registrar o aparecimento de uma fonte de água corrente e cristalina (Figura 17), isso ocorre pelo afloramento do lençol freático que surge devido o estágio avançado da área degradada.

**Figura 17** – Afloramento do lençol freático



Fonte: Autor Próprio

Um outro canal também pôde ser identificado, este por sua vez, é lançado de forma natural e não apresenta nenhuma medida capaz de mitigar a energia composta pela vazão da água. A grande parcela de água chega através da topografia e o lançamento é realizado direto no solo em uma altura consideravelmente alta. O fato é que esse lançamento influencia na ocorrência das voçorocas, e na sequência do trecho, a parcela de água que é lançada por esse canal, é somada com a parcela de água que é lançada pela galeria. A Figura 18 apresenta a área desse canal.

**Figura 18** - Mapeamento do canal de lançamento natural



Fonte: Google Earth Pro

A Figura 19 mostra o lançamento desse canal e os impactos gerados por não existir nenhuma medida mitigadora.

**Figura 19** - Lançamento natural de água pluvial



Fonte: Autor Próprio

## 8.2. Técnicas mitigadoras empregadas

Algumas intervenções já foram realizadas com objetivo de revitalizar as áreas que sofreram danos ambientais, porém, todas as medidas estruturais realizadas no local não obtiveram eficiência em seu desempenho. As medidas de contenção com a finalidade de não agravar mais o problema também não apresentaram resultados satisfatórios, a voçoroca continua se expandindo e conseqüentemente aumentando o assoreamento do Lago do Parque Cesamar.

Uma delas é uma pequena escada hidráulica de quatro patamares utilizada para realizar o lançamento da galeria até a bacia de detenção. A escada é feita com o objetivo de amortizar a energia da água e fazer a ponte de ligação entre a galeria e a bacia de detenção. Vale lembrar que na saída da galeria não possui a instalação dos degraus, que são estruturas de macrorrugosidade capazes de quebrar a continuidade do fluxo de água.

A bacia de detenção aberta também é uma das medidas utilizadas, tem como função concentrar a parcela de água que é lançada das galerias e facilitar a absorção dessa água no solo, geralmente, são cobertas por vegetação. Isso se deve

pelo fato de aumentar a capacidade de infiltração do solo. Elas possuem a capacidade de acumular a água e funcionam como um gargalo, absorvem a grande vazão e transforma em parcelas de água capazes de não causar danos.

A bacia de retenção instalada no lançamento da galeria pluvial do Parque não foi executada e/ou dimensionada de forma correta. A parcela de água que chega é consideravelmente maior que a capacidade de acúmulo de água da bacia. Com isso, a medida utilizada para controlar a vazão e realizar um escoamento ideal não tem desempenho satisfatório. A Figura 20 e 21 mostram, respectivamente, a bacia de retenção com concentração de água e durante o período de estiagem.

**Figura 20** - Bacia de retenção com concentração de água



Fonte: Valentim (2018)

**Figura 21** - Bacia de retenção no período de estiagem.



Fonte: Autor Próprio

Após a saída da bacia de retenção foi executado uma escada hidráulica, com a função de dissipar a energia da água, impedindo um lançamento direto no solo com uma declividade alta. A ineficiência do elemento se deve provavelmente pelo fato da estrutura não se apresentar monolítica, conseqüentemente, as peças pré-moldadas não estavam conectadas. Outra possível causa, é a falta de apoio nas laterais. A Figura 22 mostra a escada que foi desenvolvida no objetivo de diminuir a energia da carga hidráulica e não atendeu o desempenho esperado.

**Figura 22 - Escada hidráulica**

Fonte: Autor Próprio

No local também foi possível encontrar pedras revestidas de telas metálicas no interior da voçoroca, a hipótese é que poderiam ter sido estruturas em gabiões utilizadas anteriormente para a amortização de energia. Supõe-se que por falta de uma execução correta e pela força com que foi aplicado pela corrente d'água, os gabiões sofreram um deslocamento do local de instalação.

Para mitigar as energias, foram utilizados paredões de pedras no decorrer da voçoroca. Eles possuem capacidade de diminuir a velocidade da água uma vez que executado corretamente, o que não é o caso. Em muitos trechos encontram-se pedras soltas, fora dos paredões. Supostamente, foram carregadas juntos com o fluxo d'água.

Em outros casos, o fechamento dos paredões de pedra vai de um lado a outro dos taludes e dificulta de forma significativa a passagem da água, com isso, é possível identificar o surgimento de ravinas na ligação entre o talude e os paredões. Isso se deve pelo fato de que a água precisa ser escoada e a maneira mais fácil que encontra para passar é carregando o material da base do talude, o que implica na criação das ravinas e no transporte de sedimentos. Nas Figuras 23 e 24 é possível



identificar, respectivamente, os paredões de pedra e as ravinas criadas pelo fluxo d'água.

**Figura 23** - Paredões de pedra instalados para amortização de energia



Fonte: Autor Próprio

**Figura 24** - Formação de Ravinas



Fonte: Autor Próprio

Quanto ao assoreamento do Lago, em 2014 foram realizadas ações de dragagem na intenção de desassorear o Lago. Na intervenção, o Parque ficou fechado

por dez meses e a obra custou um valor aproximado de R\$ 1,3 milhões, em alguns meses depois, já era possível identificar o depósito de sedimentos no mesmo local. A obra foi considerada ineficiente pela razão de que o problema precisa ser mitigado na raiz, se a fonte geradora de sedimentos continuar produzindo, realizar um desassoreamento antes de realizar o controle da erosão não é a forma mais eficiente.

### **8.3. Medidas de recuperação**

Para o controle de voçorocas de grande porte, Galeti (1987) determina que as providências a serem adotadas devem ser para fora e dentro da erosão. Para fora da erosão, pontua que medidas como interceptar as águas que correm para a voçoroca, cercar a área vizinha para evitar acidentes e vegetar a área do talude e da erosão. Dentro da erosão determina a estabilização dos taludes e a execução de barreiras para dissipar a velocidade das águas e reter a terra no leito da voçoroca.

Segundo Conciani (2008), “o controle de erosão não é feito apenas com uma obra ou uma ação”. Considerando que o estágio da voçoroca se encontra totalmente avançado, torna-se necessário uma combinação de medidas capazes de mitigar o problema. Alternativas de revitalização do local e práticas capazes de tornar a condução da água que é lançada pela galeria de forma segura são fundamentais no processo de intervenção para solução do problema.

Segundo Lima (2010), as principais intervenções de controle são: reduzir a agressividade do agente erosivo e da capacidade de transporte de escoamento, onde para alcançar esses objetivos se recorre as técnicas vegetativas, edáficas e mecânicas.

A partir da caracterização visual e de um estudo teórico, foi possível listar medidas de caráter vegetativo, edáficos e mecânicos que tem como principal função revitalizar a área degradada e agir com métodos capazes de conduzir a água de forma segura, evitando o agravamento do problema.

#### **8.3.1. Vegetativa**

A implantação de vegetação na área degradada é uma medida essencial, a vegetação tem a capacidade de reduzir a exposição do solo a erosão hídrica. A

adoção desse sistema diminui a capacidade de desagregação das partículas do solo. O impacto causado pela água em uma área com vegetação é menor quando se comparado com uma área exposta, a vegetação contribui no menor umedecimento das partículas do solo, aumento a coesão (EMBRAPA, 2011).

Pela caracterização visual da área degradada, foi possível identificar a facilidade de restauração do solo, isso porque em trechos da voçoroca, era possível identificar a manifestação da vegetação. A vegetação coopera para o aumento da resistência do solo e contribui para a absorção da parcela de água no solo.

O reflorestamento da área é a principal alternativa entre as técnicas vegetativas, quando se trata de reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas é uma alternativa importante para a recuperação ambiental. No reflorestamento de ambientes degradados é importante selecionar espécies que sejam mais aptas a se estabelecerem e crescerem.

O Parque é rico em vegetação nativa, o que favorece a implantação da prática que também é indicada em terrenos acidentados. A utilização de implantação de árvores exóticas não é indicada. Apesar do seu alto potencial de crescimento e dispersão de sementes quando comparado as nativas, a aplicação dessas espécies pode causar a supressão das espécies nativas, o que resultaria em um desequilíbrio ecológico do bioma.

Pareja (2014) fez um levantamento das espécies nativas consideradas abundantes por toda a extensão do parque, essas espécies tem papel importante na revitalização do parque auxiliando no controle da erosão. O Quadro 7 lista as espécies encontradas.

**Quadro 7** – Levantamento florístico das espécies do Parque Cesamar

<b>Nome científico</b>	<b>Nome comum</b>
Qualea parviflora	Pau-terra-mirim
Myrcia sellowiana	Araçazinho
Sclerolobium paniculatum	Arapaçu
Caryocar coriaceum	Pequi
Qualea grandiflora	Pau-terra-liso
Davilla eliptica	Lixeirinha
Byrsonima crassa	Murici arbóreo

Fonte: Adaptado de Pareja (2014)

Segundo Mouzinho (2018), as florestas devem ser formadas na cota maior do local pelo fato de diminuição das enxurradas. A vegetação instalada contribui como dissipador de energia e com altos índices de absorção, além de favorecer o fortalecimento do solo, mitigando o solapamento das espécies.

A prática de reflorestamento é apropriada pelo seu custo benefício, é econômica e contribui para o desempenho do controle da erosão.

Outra técnica apontada são as plantas de cobertura. Essa prática acarreta uma série de fatores que podem ser utilizadas não só na área degradada, mas em todos os lotes pertencentes a área de influência da galeria, o desempenho das plantas de cobertura na própria área degradada pode ser pequeno, mas quando se aplica a ideia de implementação das plantas de cobertura como primeiro contato das precipitações com o solo, a capacidade de infiltração dessa água no solo aumentaria de forma significativa.

Ambrosano et al. (2005) destacam os benefícios das plantas de cobertura ao solo como aumento na capacidade de infiltração de água no solo, mitigando o escoamento superficial, protegendo contra a erosão, evitando a desagregação do solo e o selamento superficial.

### 8.3.2. Edáficas

Segundo Pruski (2006), as práticas edáficas são técnicas em que se procura manter e/ou melhorar a fertilidade do solo, e em função disso, manter sua superfície com uma maior cobertura vegetal contribuindo para o controle da erosão. A edafologia tem como objetivo tratar da influência dos solos em seres vivos.

Pela caracterização visual pôde se observar que o solo da área degradada encontra-se com uma fertilidade baixa, dessa forma, recomenda-se a realização de adubações. Essas técnicas estão previstas nas práticas edáficas e podem ser destacadas. Dentre as técnicas de adubações, a adubação química é descartada. Por se tratar de uma APP e pelo risco de carreamento dos nutrientes com capacidade de degradação ambiental até o Lago.

A adubação verde é uma técnica apontada como apropriada para a área, ela é utilizada para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo,

além de estimular fungos que aumentam a absorção de água e nutrientes pelas raízes leguminosas (EMBRAPA, 2011).

Dessa forma, a adubação verde consiste em adotar plantas com alto índice de enraizamento, que fornecem matéria orgânica ao sistema, melhorando a condição física do solo. São indicadas a utilização de plantas leguminosas.

### 8.3.3. Mecânicas

Bertoni e Lombardi Neto (2010), definem que as práticas de caráter mecânico são as intervenções artificiais do processo de revitalização, com finalidades de quebrar a velocidade de escoamento superficial, facilitando a infiltração do solo. É importante destacar que as práticas mecânicas podem ser consideradas tanto como medidas de controle de erosão, como medidas de prevenção.

Pela caracterização visual, foi possível identificar medidas instaladas no objetivo de mitigar o problema. Acontece que essas intervenções não foram realizadas de forma adequada, conseqüentemente, as medidas adotadas não foram suficientes para a dissipação de energia necessária.

Entre as inúmeras práticas mecânicas, vale destacar as que mais se adequam na área degradada em estudo. Como forma de mapeamento, as medidas listadas a seguir foram definidas conforme trecho da saída até a chegada no Lago.

A estrutura de dissipação em degraus é utilizada nas saídas de passagens hidráulicas quando a jusante destas existe uma diferença significativa de cotas entre a saída da galeria e o elemento de recebimento dessa parcela de água, ajudando no vencimento dos desníveis e ajudando na dissipação de energia (MARGARIDA, 2014).

Atualmente, existe a implantação desse sistema, porém, o sistema precisa passar por um processo de manutenção. Além disso, é ideal a adoção de degraus na estrutura. Esses degraus tem capacidade de auxiliar na dissipação de energia até que a água seja lançada nas bacias de detenção.

A bacia de detenção é uma estrutura que tem o objetivo de regular as vazões pluviais efluentes de uma bacia hidrográfica, permitindo a transferência de vazões compatíveis com o limite tolerado pela rede de drenagem ou curso d'água existente. (BAPTISTA, 2005)

Trazendo uma associação de técnicas, adota-se a bacia de retenção com enrocamento. O enrocamento tem a capacidade de revestir a bacia sem que os sedimentos da bacia sejam desagregados. Por se tratar um solo de baixa coesão, faz-se necessário a aplicação desse método.

Dessa forma, os requisitos de controle de vazão e dissipação de energia são atendidos. Por se tratar de um grande volume de água, uma sequência de técnicas deve ser adotada, mas antes disso, a bacia de retenção deve ser dimensionada com capacidade de desempenho necessário para atender o fluxo que chega. A Figura 25 ilustra o método de bacia de retenção com enrocamento.

**Figura 25** - Bacia de retenção com enrocamento



Fonte: FEAM (2010)

Na sequência, destaca-se a escada hidráulica como medida capaz de superar o desnível entre a bacia de retenção e a voçoroca. A manutenção da escada existente se faz necessária e, é fundamental realizar o fechamento entre as peças pré-moldadas e os apoios laterais para que ocorra a monoliticidade da estrutura.

Outra medida é a proteção com gabiões, segundo Ramos (2005), essa técnica pode ser tanto usada nas saídas das galerias como também em canais de controle de erosão. São armações constituídas por uma rede de aço zincado entrelaçadas de forma a definir malhas hexagonais e preenchidas por pedras.

De acordo com GEO-RIO (2014), os diâmetros das pedras devem estar entre 1 a 2 vezes maior que a dimensão da malha de aço. Já as gaiolas são constituídas de fios de aço galvanizado com dupla torção, que preserva a mesma de

deformações caso ocorra ruptura de algum dos fios. As gaiolas são de seções transversais quadradas ou retangulares, sobrepostas umas às outras e amarradas entre si.

A Figura 26 traz um exemplo de gabião, neste, além da estrutura realizar a proteção do talude, cria um canal de condução da água. Dessa forma, ajudando na dissipação de energia, diminuindo a velocidade da água e, reduzindo a exposição do solo à água. Margarida (2014) pontua que o material de enchimento além de constituir um sistema filtrante é também um revestimento resistente a ações de arrastamento da corrente

**Figura 26** - Exemplo de gabião



Fonte: Mouzinho (2018)

Em casos onde a proteção por gabião deve ser realizada apenas com paredões, recomenda-se realizar o estaqueamento dessa estrutura. Isso se deve pelo recebimento de grandes esforços aplicados pela vazão da água e, em algumas vezes como já foi visto na área de estudo, causa a segregação dos paredões devido a carga aplicada na estrutura, com a ausência de elementos que realizam esse enrijecimento, a estrutura sofre deformações.

Na adoção das proteções com gabiões devem ser tomadas alguns cuidados. A fim de evitar o carreamento do solo para o interior das medidas

anteriormente citadas, deve ser realizado a aplicação de material geossintético. Vertematti (2004) afirma que a aplicação desse material garante a filtração e separação entre os gabiões. Vale destacar que a necessidade de utilização do filtro deverá ser feita não só nas alternativas de gabiões, mas também em bacias de detenção com enrocamento.

Com auxílio de bibliografias, foi possível identificar o material adequado na utilização do filtro. O Quadro 8 mostra os tipos de geossintéticos e suas principais funções.

**Quadro 8 - Tipos de geossintéticos e principais funções**

Geossintético	Separação	Proteção	Filtração	Drenagem	Erosão	Reforço	Impermeabilização
Geotêxtil	X	X	X	X	X	X	X
Geogrelha	X	-	-	-	-	X	-
Geomembrana	X	-	-	-	-	-	X
Georrede	-	X	-	X	-	-	-
Geocomposto argiloso	-	-	-	-	-	-	X
Geocélula	-	X	-	-	X	X	-
Geotubo	-	-	-	X	-	-	-
Geofibras	-	-	-	-	-	X	-

Fonte: Vertematti (2004)

A aplicação de material geossintético no controle da erosão vai além do uso como filtro, a adoção dessa prática é uma das alternativas viáveis no nosso estudo. São inúmeras as vantagens da utilização do material geossintéticos.

Na implantação de um sistema de drenagem estes materiais garantem a integridade das áreas protegidas, evitando o destacamento do solo pelas gotas da



chuva e reduzindo o transporte dessas partículas pelo escoamento superficial. Nos taludes, estes materiais são dispostos, protegendo-os e retendo os sedimentos carregados por processos erosivos superficiais (FREIRE, 2016).

Tratando-se da aplicação de materiais geossintéticos na proteção de taludes e canais, é possível destacar o geotêxtil. Segundo Freire (2016), esses materiais agem como barreira de proteção do solo contra a ação erosiva provocada pela água, reduzindo a velocidade da água que escoar, evitando o deslocamento das partículas de solo, além de assumir a função de reforço de solo em superfícies suscetíveis a erosão.

Com a aplicação do material, mais uma das medidas já citadas entra em interação, recomenda-se que o revestimento da camada com geotêxtil seja revestida de vegetação, isso se deve pelo fato de garantir a ligação entre o solo.

Assim como os geotêxteis, Vertematti (2001) define que a aplicação de outros materiais geossintéticos como geogrelhas e geomantas também sejam apropriadas na prática mecânica de reconstrução material.

A fim de finalizar o trecho degradado, devido ao transporte dos sedimentos que foram desagregados com o processo erosivo, resultou no assoreamento do Lago do Parque Cesamar. Problema esse que só será mitigado, se as práticas vegetativas, edáficas e mecânicas anteriormente citadas forem realizadas de forma correta. O processo de dragagem do Lago só deve acontecer quando o problema for realizado na cabeceira do problema.

A última alternativa apontada seria a realização do desvio da galeria para um outro local ou conectando em uma outra galeria que seja disposta fora de uma Área de Preservação Permanente. Considerando o grande fluxo de vazão, se as medidas estruturais não forem realizadas conforme necessidades de projeto, grandes voçorocas surgirão, mas isso consiste em um estudo mais aprofundado.

As medidas não estruturais também carregam parcelas de contribuição para o controle de erosão, atividades como educação ambiental e programas de manutenção do sistema de drenagem são medidas que devem ser implantadas. Adentrando em educação ambiental, destaca-se a educação ambiental na implantação de cobertura verde nas calçadas e quintais, essa parcela de água que é

escoada devido a impermeabilização do solo com calçadas impermeáveis, contribuem em grande parte no fluxo.

Com planos de conscientização, a população pode colocar em prática medidas não estruturais que fazem uma significativa diferença. Com o aumento da taxa de infiltração da água no solo, diminuirá a quantidade de água que antes era escoada. Quanto menor a parcela de água que escoar, menor a parcela de água que será lançada pela galeria pluvial.

Superado todas as alternativas viáveis, cabe ressaltar que as medidas de recuperação de área degradada também são medidas definidas em práticas de condução segura da água, uma vez que as alternativas tenham resultados satisfatórios para a revitalização do local, além de contribuir para a mitigação do problema.

## 9. CONCLUSÃO

Baseando-se no referencial teórico, nas visitas *in loco* e utilizando de ferramentas do software Google Earth®, o presente trabalho avaliou o lançamento da galeria pluvial situada a margem direita do Parque Cesamar, próximo a quadra 308 Sul e, os impactos decorrentes da ausência de medidas ideais para um lançamento de fluxo d'água adequado.

Na condução do grande volume de águas provenientes do sistema de drenagem desde o final da galeria até o Lago do Parque Cesamar, a topografia com declividade acentuada aumentada por outros fatores como: ausência da cobertura vegetal, elevada vazão do fluxo de água da rede de drenagem, ineficiência e/ou ausência de estruturas dissipadoras de energia, ausência de dispositivos de proteção do solo e outras medidas técnicas de controle implantadas se mostraram ineficientes, permitindo o desenvolvimento de intenso processo erosivo e consequente assoreamento do lago.

A análise *in loco* apresentou graves impactos ambientais perceptíveis ao longo de todo o trecho, desde a saída da galeria até a chegada no lago, demonstrando a necessária revitalização e recuperação do trecho.

Para isso, alternativas de técnicas vegetativas, edáficas e mecânicas devem estar associadas em forma de um sistema de recuperação de alto desempenho.

A condução segura da água depende, portanto, além das medidas de recuperação das áreas degradadas, também da execução de estruturas de engenharia capazes de conduzir de forma segura a água até o Lago. Dentre estas soluções pode-se elencar as práticas de dissipadores de energia em escadas, bacias de retenção, gabiões estaqueados emprego de materiais geossintéticos, entre outros.

A associação de técnicas deve ser feita, inicialmente, pela adoção de dissipadores de energia na saída da galeria que, ajudarão na quebra do fluxo da vazão e na superação do desnível topográfico, continuados pelas bacias de retenção, que serão capazes de armazenar a água e controlar a saída da vazão. O emprego de filtros geossintéticos como proteção do solo entre a bacia de retenção, mitigarão o deslocamento das partículas de solo e contribuirão significativamente para infiltração

de água na extensão da bacia. Em sequência, as escadas hidráulicas são novamente aplicadas com o objetivo de superar a diferença de cota.

Combinado a diferentes técnicas, o emprego das proteções em gabiões estaqueados funcionarão como uma barreira que tem a capacidade de dissipar a energia do fluxo de água e, para a garantia de estabilidade dos taludes, o emprego de materiais geossintéticos, que revestidos com técnicas vegetativas, colaborarão para o fortalecimento do solo, evitando o solapamento do terreno.

Após o emprego dessas técnicas e a obtenção de um resultado satisfatório, as técnicas de dragagem para um efetivo desassoreamento do Lago poderão ser realizadas.

## **10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Dimensionamento da bacia de detenção de enrocamento para recepção do lançamento do fluxo d'água disposto pela galeria pluvial;
- Quantificação das práticas empregadas com o objetivo de realizar a dissipação de energia adequada;
- Realizar um estudo de dimensionamento da quantidade de materiais geossintéticos empregados por toda a extensão dos taludes;
- Estudo da viabilidade de alteração do local de lançamento da galeria pluvial situada a margem direita do Lago do Parque Cesamar, próximo a quadra 308 Sul;

## 11. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDRADE, J. P. M. **Medidas não Estruturais**. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras – USP/EESC, 2004

ARAÚJO, C. C. de; SCHMIDT, G. **Avaliação da Qualidade da Água do Lago do Parque Cesamar na Cidade de Palmas – TO**. In: XXIX CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2004, Porto Rico. Anais do XXIX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental, 2004.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 1ª edição Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone Editora, 2017. 360 p.

BLOGSPOT. **Recursos Geológicos: Águas subterrâneas**. Disponível em: <http://e-porteflio.blogspot.com/2009/05/recursos-geologicos-aguas-subterraneas.html>  
Acesso em: 08 de março 2019.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. EDGARD BLÜCHERLTDA, 2ª Ed. rev. e ampl. - São Paulo, 1998. P. 64 a 67.

BRASIL, IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>. Acesso em: 19 de março 2019.

BRASIL. Lei 11.445,0 5 jan. 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no DOU de 8.1.2007 e retificado no DOU de 11.1.2007.

CARVALHO, N. O; FILIZOLA Jr., SANTOS, P. M. C; LIMA, J. E. F. W. - **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL, 185p. 2000.p. 14. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia\\_ava\\_port.pdf](http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_ava_port.pdf)>. Acesso em: 14 de março 2019.

EMBRAPA. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos**. Circular Técnica, EMPRAPA. 2011. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular\\_22.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf) >. Acesso em: 02 de agosto 2019.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Adubação Verde**. Utilização de leguminosas contribui no fornecimento de nitrogênio para culturas de interesse comercial e protege solo da erosão. Embrapa Agrobiologia, 2011. 1 folder. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/110064/1/4a-folder-Adubacao-verde.pdf> >. Acesso em: 02 de agosto 2019.

FEMA, Technical Manual: **Outlet Works Energy Dissipators. Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair**, 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE: **Orientações básicas para drenagem urbana** - Belo Horizonte: FEAM, 2006. P. 8 a 26. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>. Acesso em 22 de abril de 2019.

FREIRE, J. M. de. **Utilização de Geossintéticos no Controle da Erosão**. 2016. 61f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2016.

G1 Rio de Janeiro. **Alagamento região norte do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/12/internautas-mostram-alagamentos-em-ruas-da-regiao-metropolitana-do-rio.html>>. Acesso em: 08 abril de 2019.

G1 Tocantins. **Assoreamento em Palmas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/02/apos-prefeitura-gastar-r-13-mi-lago-volta-ficar-assoreado-em-palmas.html>>. Acesso em: 04 de março de 2019.

GEO-RIO, Secretaria Municipal de Obras. Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, **Manual Técnico de Encostas: Volume II**, Rio de Janeiro, 2014.

GALERANI, C. et al. **Controle da Erosão Urbana**. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5. P. 1

GALETI, P. A. **Conservação do solo – reflorestamento – clima**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

JUSTINO, E. A; PAULA, H. M. de; PAIVA, Ed C. R. **Análise Do Efeito Da Impermeabilização Dos Solos Urbanos Na Drenagem De Água Pluvial Do Município De Uberlândia-Mg**. 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/espaco/article/view/16884/10333>>. Acesso em abril de 2019.

KNAPIK, H. G. **Saneamento Urbano – TH419**. 2017. 61 slides. Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula\\_Drenagem%20Urbana.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf)>. Acesso em: 23 março de 2019.

LIMA, H. M. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica**. Funchal (Portugal), 2010

MACEDO, R. F. **Medidas Estruturais Intensivas**. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras – USP/EESC, 2004. P. 13.

MARGARIDA, T. S. **Dimensionamento de Obras de Dissipação de Energia em Drenagem de Vias de Comunicação**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de especialização de hidráulica. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2014.

MARTINS, J. **Gestão de Drenagem Urbana: Somente Tecnologia Será Suficiente**. 2012. Disponível em: < [http://www.dae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras\\_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf](http://www.dae.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf)>. Acesso em: 04 de abril de 2019.

MOUZINHO, B. R. **Estudo da erosão existente no Parque Cesamar, Palmas – TO**. 2018. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

PALMAS. **Lei Municipal Nº. 1.406, de 2005**. Institui o plano de uso e ocupação do Parque Cesamar e dá outras providências. Palmas, 2005. Disponível em <<https://leismunicipais.com.br/a/to/p/palmas/lei-ordinaria/2005/140/1406/lei-ordinaria-n-1406-2005-institui-o-plano-de-uso-e-ocupacao-do-parque-cesamar-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 15 de maio de 2019.

PAREJA, E. K. **Composição florística, diversidade e estoque de carbono do cerrado sensu stricto de Palmas, Tocantins, Brasil**. 2014. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia e Ecologia das Alterações Globais, Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Palmas, 2014.



PAZ, A.R. da. **Hidrologia Aplicada** – Texto Básico. 2004. Disponível em: <[http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila\\_HIDROLOGIA\\_APLICADA\\_UE\\_RGS.pdf](http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UE_RGS.pdf)>. Acesso em março de 2019.

PHILIPPI Jr. A, **Saneamento, saúde e ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manoele, 2005- (coleção Ambiental; 2). Disponível em: <<https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/control-de-enchentes-medidas-estruturais-e-nao-estruturais/>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

PRUSKI, F. F. **Conservação de Solo e Água: Práticas Mecânicas para o Controle da Erosão Hídrica**. Viçosa: Editora Viçosa, 2006. 240 p.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. P. 25

SALOMÃO, F. X. de T. **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos**. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. da; Botelho, R. G. M. et al Erosão e Conservação de Solos Conceitos, temas e aplicações. - 3ª Edição – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. P. 15 a 55.

SOUZA, R. M. de; FIGUEROA, F. E. V. **Análise de variáveis aplicada à gestão de recursos hídricos - caso de estudo da microbacia do córrego Brejo Comprido**, Palmas, TO. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.9, n.3, p.303-319, jul./set.2012.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambienta. **Manual de drenagem urbana**. Disponível em: <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu\\_versao\\_01.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao_01.pdf)>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

TUCCI, C. E. M. **Inundações e Drenagem Urbana**. In TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.) Inundações Urbanas na América do Sul, ABRH, Porto Alegre, cap.3, 2003. P.45- 129.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. V. 4, n. 2 jul/ago. 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** 2012. P. 28, 42, 184, 186, 188 e 207. Disponível em: <[http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/ccr4/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-62-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/gestaotucci2.pdf](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/ccr4/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-62-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/gestaotucci2.pdf)>. Acesso em: 03 de abril de 2019.

TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.** Porto Alegre. Editora ABRH, 1ª edição: 2001 vol. 2.

VALENTIN, F.A. da S. **Análise do controle, recuperação e prevenção da erosão hídrica no Parque Cesamar em Palmas – TO.** 2018. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

VERTEMATTI, J. C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

VERTEMATTI, J. C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.