UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

DECLARAÇÃO

SAULO DE OLIVEIRA

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ESTUDO DE AÇÕES CORRETIVAS E MITIGADORAS NAS MARGENS DO CÓRREGO ABEL/BASÍLIO NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA-GO

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação em **ENGENHARIA CIVIL** da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em: 17/12/2020

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Souza - Escola de Engenharia Civil e Ambiental / UFG (Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis - Escola de Engenharia Civil e Ambiental / UFG

Prof. Dr. José Vicente Granato de Araújo - Escola de Engenharia Civil e Ambiental / UFG

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:

Prof. Dr. Saulo Bruno Silveira e Sousa - Escola de Engenharia Civil e Ambiental / UFG

Em: 17/12/2020

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

- **Todos os campos do presente documento são de preenchimento obrigatório, sendo os mesmos adequados a quantidade de examinadores;**
- **Após preenchido, o documento deve ser assinado por todos os examinadores e também pelo orientador do referido trabalho.**

Documento assinado eletronicamente por **Saulo Bruno Silveira E Souza**, **Coordenador de Curso**, em 17/12/2020, às 15:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Prado Abreu Reis**, **Professor do Magistério Superior**, em 17/12/2020, às 15:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **José Vicente Granato De Araújo**, **Professor do Magistério Superior**, em 17/12/2020, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **SAULO DE OLIVEIRA**, **Discente**, em 23/09/2021, às 00:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1752232** e o código CRC **08B62A30**.

Referência: Processo nº 23070.057343/2020-70 SEI nº 1752232

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ESTUDO DE AÇÕES CORRETIVAS E MITIGADORAS NAS MARGENS DO CÓRREGO ABEL/BASÍLIO NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA-GO

SAULO DE OLIVEIRA

GOIÂNIA
2020

Saulo de Oliveira

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ESTUDO DE AÇÕES CORRETIVAS E MITIGADORAS NAS MARGENS DO CÓRREGO ABEL/BASÍLIO NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA-GO

Artigo apresentado na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.
Orientador: Saulo Bruno Silveira e Souza

GOIÂNIA
2020

RESUMO

Os problemas relacionados à drenagem urbana são recorrentes, principalmente em grandes cidades. Ocorrem em função de vários aspectos, sejam eles políticos, sociais, ambientais ou econômicos. A negligência de tais problemas traz graves consequências, tanto para o Estado quanto para a população, como enchentes, inundações, erosões, além dos riscos de contaminação por doenças de veiculação hídrica. Tais problemas levaram a escolha do tema e desenvolvimento deste trabalho. Por se tratar de uma nascente de um córrego que abastece o rio Meia Ponte e por ser uma área com grande degradação ambiental, por diversos fatores, foi definida como alvo desse estudo a Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego do Abel, também chamado de Córrego do Basílio, pertencente a zona urbana do município de Goiânia – GO. Tendo como objetivo a identificação dos processos de degradação e a indicação de ações corretivas e mitigadoras, foram feitos, através de pesquisas bibliográficas, levantamentos em campo com registros fotográficos, além de consultas a órgãos públicos e utilização de mapas e imagem de satélite. Um diagnóstico da referida sub-bacia foi realizado, indicando os principais pontos problemáticos e as proposições das medidas de controle para os mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, Planejamento Urbano, Erosões, Enchentes, Degradação Ambiental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede pluvial sem estrutura de lançamento final. 12

Figura 2 – Gráfico de Probabilidade Diária de Precipitação. 13

Figura 3 - a - Vista aérea da Praça Cívica Doutor Pedro Ludovico Teixeira em 1959. 13

Figura 3 - b - Vista aérea da Praça Cívica Doutor Pedro Ludovico Teixeira em 2011. 13

Figura 4 - Registro da Praça Botafogo nos anos 1970. 14

Figura 5 - Boca-de-lobo obstruída e locada em ponto mais alto do terreno. 15

Figura 6 - Erosão causada por escoamento pluvial superficial não captado. 15

Figura 7 - Mapa de Localização - Córrego do Abel 16

Figura 8 – Mapa de Localização – Bacia do Córrego do Abel/Basílio. 17

Figura 9 - Córrego do Abel/Basílio: Extensão e Ocupação. 18

Figura 10 - Trechos delimitados para vistorias. 19

Figura 11 - Agentes da AMMA realizando programa de revitalização. 21

Figura 12 - Terraceamento realizado em torno da nascente. 21

Figura 13 - Área da nascente cercada por alambrado e sem proteção arbórea adequada. 22

Figura 14 - Descarte de entulho na área da nascente. 22

Figura 15 - Aterramento na margem. 23

Figura 16 - Bueiro de Travessia 24

Figura 17 - Rampas de escoamento da drenagem, ausência de estruturas de segurança 24

Figura 18 - Nascentes do afluente do córrego Abel, com destaque para os pontos de exfluência e ocupações irregulares. 25

Figura 19 - Água com coloração diferenciada devido ao lançamento de esgoto na área. 26

Figura 20 - Presença de árvores frutíferas aos fundos de propriedade na margem do córrego. 26

Figura 21 - Processo erosivo na margem direita e leito do córrego assoreadao. 27

Figura 22 - Obstrução em bocas-de-lobo. 27

Figura 23 - Erosão fluvial e talude exposto. 28

Figura 24 - Foz do córrego Ladeira na margem direita do córrego Abel. 28

Figura 25 - Gráfico de Distribuição de Degradações ao Longo do Córrego Abel. 29

SUMÁRIO

Introdução **6**

1. Justificativa **6**

2. Objetivos **7**

3. Revisão Bibliográfica **7**

3.1 Drenagem Urbana *7*

3.2 Erosões *10*

3.2.1 Controle da Erosão Urbana 11

3.3 Materiais sólidos na drenagem urbana *12*

3.4 A cidade de Goiânia *13*

4. Materiais e Métodos **16**

4.1 Bacia do Córrego do Abel/Basílio *16*

4.2 Metodologia *17*

5. Resultados **19**

5.1 Aspectos ambientais e estruturais identificados *20*

5.1.1 Trecho 1 – Área da nascente até confluência com a vertente 20

5.1.2 Trecho 2 – Afluente da margem esquerda, área da nascente até a confluência com o Córrego Abel 25

5.1.3 Trecho 3 - A partir da confluência do afluente da margem esquerda do Córrego Abel Basílio, Setor Parque das Amendoeiras até a Rua Abel Rodrigues na Fazenda Retiro. 26

5.1.4 Trecho 4 – Rua Abel Rodrigues até a foz. 27

5.2 Principais aspectos da degradação. *29*

5.3 Principais ações de contenção/mitigação *29*

6. Conclusões **30**

Referências **31**

Introdução

Um dos maiores problemas ambientais da sociedade contemporânea é a necessidade de preservação dos recursos hídricos, destacando-se aqueles localizados em áreas urbanas, onde as atividades econômicas e a ocupação desordenada do solo ocasionam vários impactos.

O município de Goiânia se encontra na bacia do Rio Meia Ponte, que também abastece outros 37 municípios do estado de Goiás. Isso torna a cidade privilegiada, pois conta com inúmeras sub-bacias hidrográficas. O município, que é a capital do estado, nasceu na década de 30, mais precisamente em 24 de outubro de 1933 (fez 87 anos em 2020) e foi planejado inicialmente para uma população de 50 mil habitantes. Este número foi superado já na década de 60 e hoje conta com uma população estimada de 1,50 milhão de habitantes (IBGE, 2019).

Por conta do acelerado crescimento populacional da cidade de Goiânia e a desordenada expansão territorial, a maioria de seus cursos d'água encontram-se antropizados, apresentando impactos como: processos erosivos, ausência de vegetação ciliar, instabilidade das margens, enchentes, lançamentos irregulares de efluentes domésticos e industriais, edificações em Áreas de Preservação Permanente (APPs), etc. Grande parte desses problemas citados são ocasionados e/ou intensificados pela ocupação irregular das bacias, reduzindo drasticamente a capacidade de infiltração dos solos e aumentando o volume e a velocidade do escoamento superficial das águas pluviais.

Diante disso, destaca-se a necessidade inadiável de planejar ações preventivas, onde ainda forem possíveis, e corretivas, onde o problema já se encontra instalado. No entanto, tais medidas devem ser realizadas de maneira integrada, abrangendo toda a bacia hidrográfica.

1. Justificativa

Para o presente artigo, diante da problemática da drenagem urbana, foi adotada como estudo de caso a sub-bacia hidrográfica do Córrego do Abel/Basílio, localizada na zona urbana da cidade de Goiânia - GO. A escolha desta sub-bacia deve-se ao fato do crescente grau de urbanização daquela região, que em função de um mau uso do solo e com poucas áreas permeáveis gera um grande volume de escoamento superficial, favorecendo o surgimento de vários problemas, tais como: eventos de enchentes e inundações, presença de processos erosivos com escorregamentos de encostas e lançamentos clandestinos de esgoto. A discussão desses

problemas é de extrema importância para o desenvolvimento de um planejamento urbano sustentável, que leva em conta a inter-relação entre os diversos aspectos envolvidos na temática urbana.

Ações objetivando a recuperação ambiental da área já vinham sendo cobradas da Prefeitura de Goiânia, por meio de suas Secretarias, pelo Ministério Público do Estado de Goiás (MPGO). Em 1º de Julho de 2002, foi firmado um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre o MPGO e a AMMA, objetivando a promoção da recuperação da área a partir de ações que culminassem na contenção de processos erosivos, recuperação de solo degradado, estabilização do leito do córrego e na preparação do solo e mata ciliar. O acordo previa inicialmente somente a recuperação da área degradada devido aos movimentos de massa, promovida pela utilização de escavadeira hidráulica na restauração do curso d'água, sem projeto ou qualquer avaliação dos possíveis danos ambientais decorrentes. Outros desdobramentos culminaram na formalização de exigências adicionais por parte MPGO, em relação aos danos já existentes e outros causados pelas ocupações irregulares na área de preservação permanente.

2. Objetivos

Na perspectiva de identificar processos de degradação ambiental e propor ações corretivas e mitigadoras visando a preservação da Sub-bacia do Córrego Abel/Basílio, foi desenvolvido este Trabalho de Conclusão de Curso. Sendo assim, este estudo tem como objetivo caracterizar a referida sub-bacia, permitindo a identificação e análise de alguns impactos sofridos pela mesma decorrentes da ação antrópica, bem como sugerir as possíveis medidas de controle para a minimização destes problemas, tendo como foco principal os processos erosivos de grande expressão já instalados ao longo do córrego.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Drenagem Urbana

O processo de urbanização acelerado associado a ausência de planejamento na maioria das grandes cidades brasileiras traz inúmeros problemas aos seus habitantes. Podemos citar, como exemplo, os problemas decorrentes das enchentes urbanas, que, além de desabrigar centenas de famílias, causando prejuízos altíssimos, também pode espalhar doenças de veiculação hídrica,

como a leptospirose, gastroenterite, além da possibilidade de, ao retornar para os corpos d'água, transportar cargas difusas de poluição prejudiciais aos mananciais (PORTO, 1995).

> "Drenagem urbana é o desenvolvimento e a implantação de uma combinação de medidas estruturais e não estruturais com intuito de reconciliar o transporte da água e a função de armazenamento de vales, lagos, pântanos, canais e várzeas com o espaço e as necessidades relativas de uma população em expansão. Resumindo, a drenagem urbana é tudo que se pode fazer para remediar os problemas existentes com o escoamento de águas superficiais e a prevenção para a ocorrência de novos problemas." (WALESH, 1989)

Segundo Tucci (1995), grande parte desses problemas acontece com a impermeabilização do solo pelo pavimento, edificações, calçadas, pavimentação dentro dos lotes, dentre outros. Dessa forma, a parcela de água que infiltraria, agora passa a escoar pelos pavimentos e condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume de água que, antes infiltrava no solo e escoava lentamente entre as plantas, assume agora uma velocidade maior, exigindo maior capacidade de escoamento das seções. Os efeitos principais da urbanização são: o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial. Enchentes ampliadas pelo processo de urbanização costumam ocorrer em bacias de pequeno porte, como é o caso da bacia do córrego Abel/Basílio, com 2,13 km².

Diversas definições de bacia hidrográfica foram descritas ao longo dos anos. Percebe-se grande semelhança e consideração deste recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem. Porém as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (sub-bacia e microbacia), apresentam abordagens diferentes tocando fatores que vão do físico ao ecológico.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para definir sua área os autores utilizam-se de diferentes unidades de medida. Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para Rocha (1997, *apud* MARTINS *et al.*, 2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²). Para Santana (2004), bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Ainda segundo Walesh (1989), existem duas maneiras de se combater as enchentes urbanas: diminuindo sua ocorrência (medidas estruturais) e/ou reduzindo as perdas (não estruturais). Geralmente, medidas não estruturais têm menor custo quando comparadas as medidas estruturais.

> Medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não estruturais. A solução ideal deve ser definida para cada caso em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais de seu impacto. Certamente, para cada situação, medidas estruturais e não estruturais podem ser combinadas para uma melhor solução. De qualquer forma, o processo de controle inicia pela regulamentação do uso do solo urbano através de um plano diretor que contemple as enchentes (TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

De acordo com a Constituição Federal, as ações de combate a enchentes e outros desastres são de responsabilidade da União, Estados e Municípios. (LEI Nº 12.608, 2012) As leis de uso e ocupação do solo, restringindo a área a ser construída e seu máximo grau de impermeabilização, e os planos diretores, exemplificam ações não estruturais dos municípios.

Segundo Barbosa (2006), as medidas não estruturais defendem na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias. Não são projetadas para dar proteção completa, já que para isso teria que prever o maior evento possível o que não é uma tarefa fácil e nem confiável.

Educar a população no sentido de respeitar os limites de construção e impermeabilização são medidas paliativas que visam reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas por meio de programas, normas, regulamentos que visam, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, implantação de sistemas de alerta e a conscientização da população. O maior problema dessas medidas é que, no Brasil, elas ficam restritas às suas criações e não são efetivamente implementadas devido à falta de fiscalização.

As medidas estruturais são as grandes obras da engenharia hidráulica implantadas para mitigar os impactos causados pelas enchentes, podendo ser extensivas ou intensivas. Segundo Tucci (1995), medidas extensivas são geralmente eficazes em bacias pequenas, pois são ações que agem diretamente na bacia, modificando as relações entre precipitação e vazão, diminuindo o coeficiente de escoamento e os efeitos da erosão. Controle da cobertura vegetal, obras de microdrenagem, dispositivos que aumentem a infiltração e percolação e o controle da erosão do solo são exemplos de ações extensivas na bacia.

As medidas que agem diretamente nos cursos d'água, segundo Mendes (2004), são chamadas de intensivas e são exemplificadas como a construção de diques, muros de contenção, reservatórios de acumulação e retardamento, canais de desvios e outras obras que alteram o curso natural do escoamento, seja pela aceleração, retardamento ou desvio completo, atenuando os efeitos de enchentes em determinadas áreas.

A tendência atual, por parte dos governantes e especialistas, de controle de cheias urbanas é que ele seja realizado, em sua grande maioria, canalizando trechos críticos. Isso resolve para aquele ponto, tendo uma visão particular, mas acaba por transferir o problema para outro ponto da bacia. Esse processo é prejudicial aos interesses públicos e representa um prejuízo extremamente alto para toda a sociedade ao longo do tempo (Tucci, 1995). As características da urbanização residencial brasileira, com lotes pequenos e intensamente urbanizados, tendem a ampliar ainda mais esse efeito e a dificultar tais controles.

3.2 Erosões

De acordo com Magalhães (2003), erosão é um processo mecânico que age em superfície e profundidade, sob determinadas condições físicas em alguns tipos de solo, podendo ser catalisado pela ação antrópica. É o transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras.

Segundo Nascimento (1994), a erosão existe em condições naturais e há um equilíbrio entre a formação dos solos (pedogênese) e a erosão (morfogênese). Esse equilíbrio, todavia, não é mantido pelo homem, em sua promíscua convivência com a natureza apropria-se do relevo e nele imprime suas marcas. Intensifica-se o processo erosivo, danifica-se o solo, que dificilmente se recupera.

Para Fendrich (1984), a erosão urbana está diretamente associada à falta de planejamento adequado, que considere as particularidades do meio físico e as condições sociais e econômicas de desenvolvimento da área urbana.

De acordo com a Cartilha – Erosão (2007), elaborada pela Universidade de Brasília em parceria com a Universidade Federal de Goiás e FURNAS – Centrais Elétricas S.A., erosão é o processo de degradação e transporte de terra pela ação de agentes erosivos como água e o vento.

Erosões e enchentes estão conectadas, tendo em vista que ao aumentar a impermeabilização do solo, o volume e a velocidade das enxurradas aumentam, inclusive com o transporte de detritos

que torna o processo mais agressivo. Se não dissipadas, concentram o escoamento, acelerando os processos erosivos. Para Guerra (1999), a destruição ou entupimento da rede coletora, geralmente por conta do lixo, agrava ainda mais os problemas causados pela erosão, pela promoção de enchentes, concentração de poluentes e perda da capacidade de armazenamento de água de abastecimento.

3.2.1 Controle da Erosão Urbana

Manter a integridade física da cidade é o principal objetivo do controle da erosão urbana. Se realizado no início do processo, é facilmente controlável. Segundo Tucci (1995), caso atinja maiores proporções, é de difícil solução, envolvendo problemas socioeconômicos, perda de fertilidade dos solos, interdição de setores e custos elevados para o reparo.

Os métodos adotados para o controle da erosão urbana variam de acordo com as necessidades do local, podendo envolver ações individuais ou até mesmo grandes obras, como barragens. Para Tucci (1995), localizar os pontos de erosão é de suma importância devido a características geotécnicas, geomórficas, topográficas e da área de drenagem, pois essas determinam a suscetibilidade da erosão. Deve-se considerar outros fatores, como a precipitação e o clima.

O controle da erosão se dá, então, por duas vias, a microdrenagem e a macrodrenagem. A condução das águas superficiais é conhecida como microdrenagem e é importante por evitar o escoamento direto sobre o solo. Ainda segundo Tucci (1995), o custo para a realização desse tipo de obra é proporcional ao volume de água pluvial que pretende escoar. Desta forma, é aconselhável que projetos residenciais ou urbanos maximizem as áreas verdes, diminuindo o coeficiente de impermeabilização.

A construção de galerias de águas pluviais e pavimentação entram no controle por macrodrenagem (Figura 1).

> Após coletadas as águas através das bocas de lobo, essas são conduzidas para os coletores principais e emissários, que acumulam a contribuição de toda a bacia. O maior problema é o lançamento das águas dos emissários no terreno natural. Apesar da construção de dissipadores de energia, após o lançamento, havendo declividade do terreno natural, e sendo o solo pouco resistente, o volume de água dá início ao processo erosivo, que inicia a jusante do lançamento e avança para montante com rapidez, podendo até destruir o dissipador e o próprio emissário. (TUCCI, PORTO e BARROS, 1995)

Figura 1 – Rede pluvial sem estrutura de lançamento final.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

3.3 Materiais sólidos na drenagem urbana

De acordo com Tucci (2002), durante o desenvolvimento urbano são observados alguns estágios distintos da produção de material sólido na drenagem urbana. No estágio inicial é quando ocorre modificação da cobertura da bacia pela retirada da sua proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimentos.

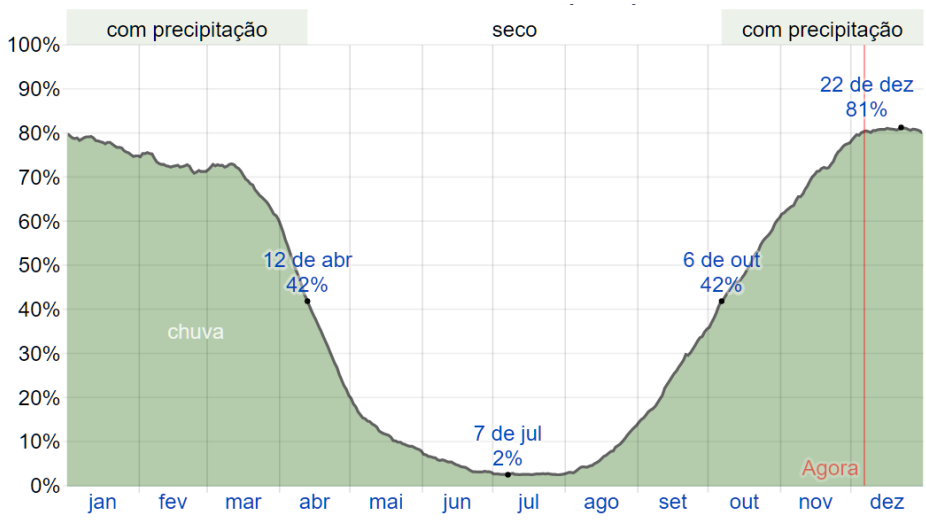
Já no estágio intermediário parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções e a produção de lixo da população se soma ao processo de produção de sedimentos. No estágio final: nesta fase praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas e apenas resulta produção de lixo urbano, com menor parcela de sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada. (TUCCI, 2002)

Para Tucci (2002), na última década houve um visível incremento de lixo urbano devido as embalagens plásticas que possuem baixa reciclagem. Os rios e todo o sistema de drenagem ficam cheios de garrafas tipo pet, além das embalagens de plásticos de todo o tipo.

3.4 A cidade de Goiânia

Segundo Ferreira (2009), em relação à chuva, Goiânia tem dois períodos bem definidos, um seco, que vai de maio a setembro e outro chuvoso, que vai de outubro a abril, período que ocorrem as chuvas torrenciais, provocando inundações, as quais podem ser naturais ou provocadas pela urbanização. As naturais ocorrem devido os cursos de água ocuparem o seu leito maior, como ocorre na Marginal Botafogo, decorrente das fortes chuvas e da conformação topográfica das bacias hidrográficas. Normalmente atingem as populações de baixa renda que ocupam as margens dos rios e córregos por falta de um planejamento do uso do solo. As provocadas pela urbanização são devido à impermeabilização do solo.

Figura 2 – Gráfico de Probabilidade Diária de Precipitação.



Fonte: Weather Spark, 2020

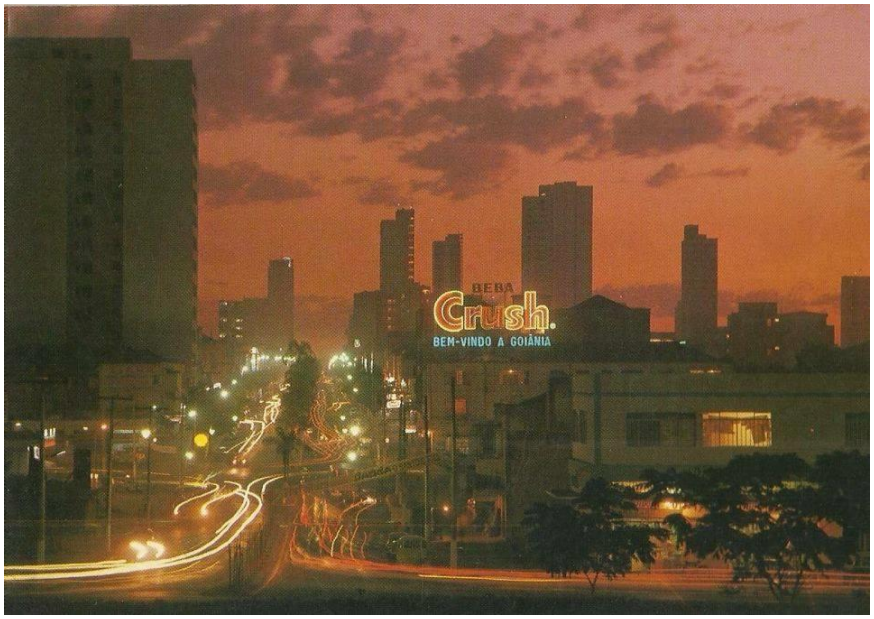
Apesar de planejada, a cidade de Goiânia é marcada pelo intenso crescimento populacional durante a década de 70 (Figura 3-a), causando uma concentração dos espaços urbanos, refletida na verticalização das regiões central, sul e sudeste da cidade (Figura 3-b). (IBGE, 2019)

Figura 3 - a - Vista aérea da Praça Cívica Doutor Pedro Ludovico Teixeira em 1959.

Figura 3 - b - Vista aérea da Praça Cívica Doutor Pedro Ludovico Teixeira em 2011.

Fonte: G1, Acesso em: 17/10/2019.

Figura 4 - Registro da Praça Botafogo nos anos 1970.



Fonte: Goiânia Antiga, Acesso em 17/10/2019.

O crescimento acelerado e desorganizado do município gerou inúmeros problemas, entre eles os processos erosivos em diversas partes da cidade, decorrentes também, segundo Nascimento (1994), do tratamento dado aos mesmos, o que inclui a prática danosa de entulhamento das erosões e consequente assoreamento do sistema de drenagem.

Ainda de acordo com Nascimento (1994), as duas maiores causas das erosões no município de Goiânia são as galerias de águas pluviais, em áreas pavimentadas e o escoamento concentrado em áreas sem asfaltamento.

De acordo com Faria (2008), os cadastros de 2008 indicaram que das 63 erosões cadastradas 93,7 % (59 erosões) foram causadas pelo sistema de drenagem, que se reflete em cinco fatores:

1. **Subdimensionamento das tubulações:** problema comum causado, provavelmente, por fatores de ordem econômica. Entretanto, os gastos com recuperação de áreas danificadas por erosões superam os gastos com projeção e instalação de tubulações adequadas.

2. **Lançamento de águas pluviais em áreas de cabeceiras de drenagem**: comum de ser realizado devido a facilidade de escoamento e economia para as obras de drenagem. Não é considerado que as cabeceiras de drenagem evoluem naturalmente em direção à montante, constituindo uma erosão regressiva.

3. **Lançamento de águas pluviais a meia encosta**: Geralmente é feito em áreas de fundos de vales, onde se acentuam as declividades do terreno. O forte impacto das águas no período chuvoso faz com que se instale a erosão.

4. **Falta de monitoramento e assistência técnica**: comum de encontrar pela cidade bueiros e bocas-de-lobo entupidos por resíduos sólidos das ruas.

Figura 5 - Boca-de-lobo obstruída e locada em ponto mais alto do terreno.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

5. **Escoamento concentrado das águas pluviais não captadas por sistema de drenagem**: Ocorre em áreas periféricas, geralmente sem canalização de água pluvial, o que possibilita a formação de sulcos e ravinas. (Figura 5)

Figura 6 - Erosão causada por escoamento pluvial superficial não captado.

Fonte: AMMA, 2019.

4. Materiais e Métodos

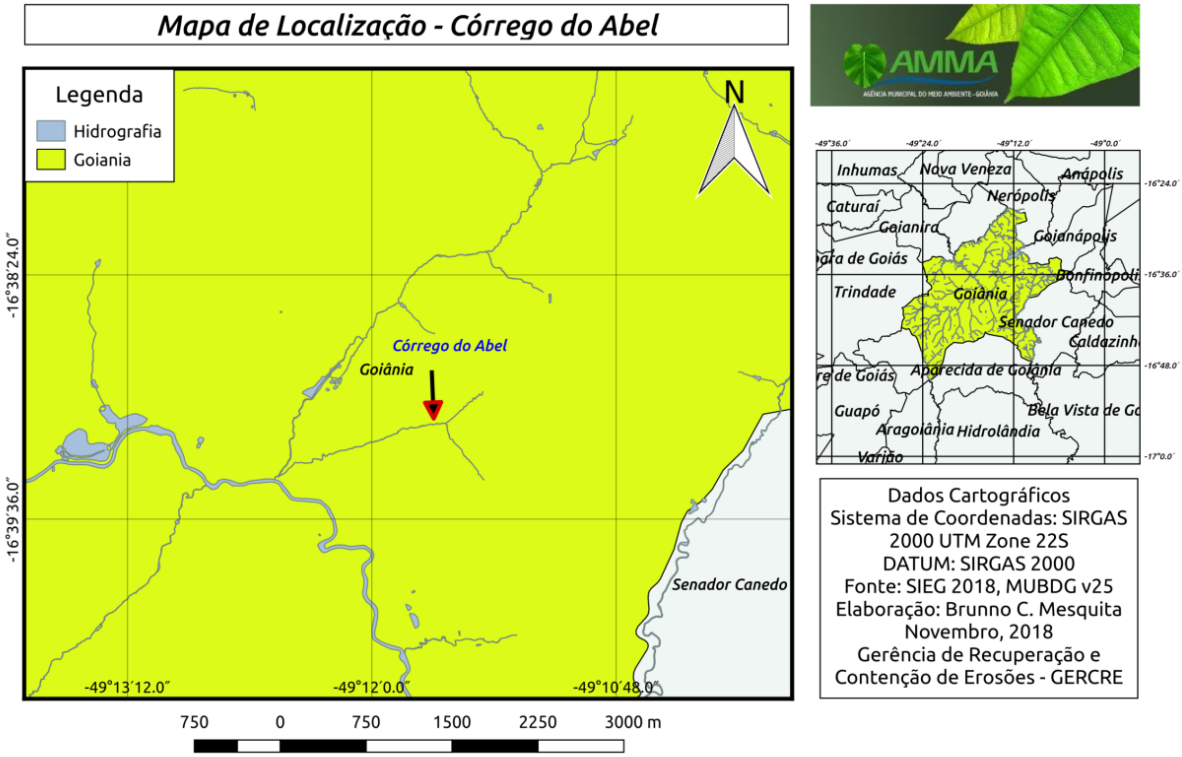
Para a realização deste estudo foi definida a temática da drenagem urbana diante da realidade e dos problemas enfrentados na cidade de Goiânia relacionadas ao assunto. Adotou-se então a sub-bacia hidrográfica do Córrego do Abel/Basílio na cidade de Goiânia – GO como material de estudo, uma vez que a mesma se trata de uma bacia que vem sofrendo constantemente com problemas relacionados ao tema tratado.

4.1 Bacia do Córrego do Abel/Basílio

A sub-bacia do Córrego do Abel está localizada na Região Leste de Goiânia, conforme mostrado nas Figura 7 e 8, abrange os setores Bairro Santo Hilário, Bairro Santo Hilário II, Parque das Amendoeiras e Fazenda Retiro (AMMA, 2019).

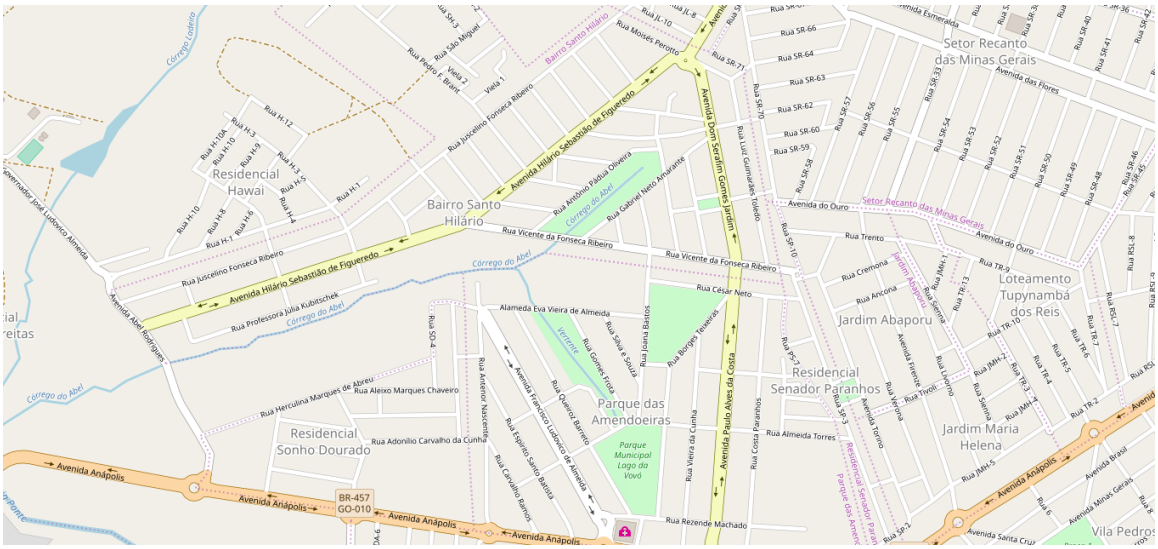
O curso d'água em questão tem sua principal nascente no Bairro Santo Hilário e deságua no Córrego Ladeira (afluente da margem esquerda do Rio Meia Ponte), área abaixo da Rua Abel Rodrigues. Próximo à Rua Alexandre Alves da Costa, Parque das Amendoeiras, constata-se a presença de outra nascente.

Figura 7 - Mapa de Localização - Córrego do Abel



Fonte: AMMA, 2019.

Figura 8 – Mapa de Localização – Bacia do Córrego do Abel/Basílio.



Fonte: Google Maps, 2019.

O curso principal tem uma extensão aproximada de 1.800 metros e a vertente aproximadamente 650 metros.

4.2 Metodologia

Através de levantamentos em campo e análise da imagem de satélite da área de estudo, foi possível comprovar um uso do solo intenso, com grau relevante de urbanização, de forma que as ocupações predominantes na região são de residências (casas térreas), além de ocorrências de atividades comerciais e de prestação de serviços, além de ocupações irregulares próximas às margens do córrego, como pode ser visto na Figura 9. Essa grande densificação urbana reflete uma relação desarmônica entre as áreas permeáveis e o escoamento superficial de águas pluviais, gerando vários problemas como os já mencionados anteriormente.

Entretanto, o que ocorre na região é resultado de uma má-fiscalização, que possibilita, inclusive, o desrespeito ao Código Florestal Brasileiro, que proíbe a construção de edifícios e residências a menos de 30 metros de uma área de nascente. A resposta da natureza costuma ser imediata.

Figura 9 - Córrego do Abel/Basílio: Extensão e Ocupação.

Fonte: Imagem de Satélite, Google Maps - 2019, Adaptado.

Para o reconhecimento da área de drenagem da Sub-bacia do Córrego do Abel, foi realizada pesquisa no SIGGO (Sistema de Informações Geográficas da Prefeitura de Goiânia), dos bairros que se localizam na área de drenagem desta sub-bacia.

Posteriormente foram realizados levantamentos bibliográficos sobre a área da sub-bacia para caracterização ambiental e socioeconômica da mesma. Foram realizadas vistorias técnicas na área de drenagem do Córrego do Abel, a fim de registrar, por meio de fotografia, os pontos críticos ao longo das margens do córrego. Concomitante às vistorias foram elaborados relatórios abordando os aspectos ambientais identificados ao longo do manancial e de sua APP, juntamente com sugestões de mitigação dos impactos detectados.

Foram delimitados 4 trechos para realização das vistorias técnicas na área de drenagem da Sub-bacia, conforme a Figura 10 e os dados abaixo:

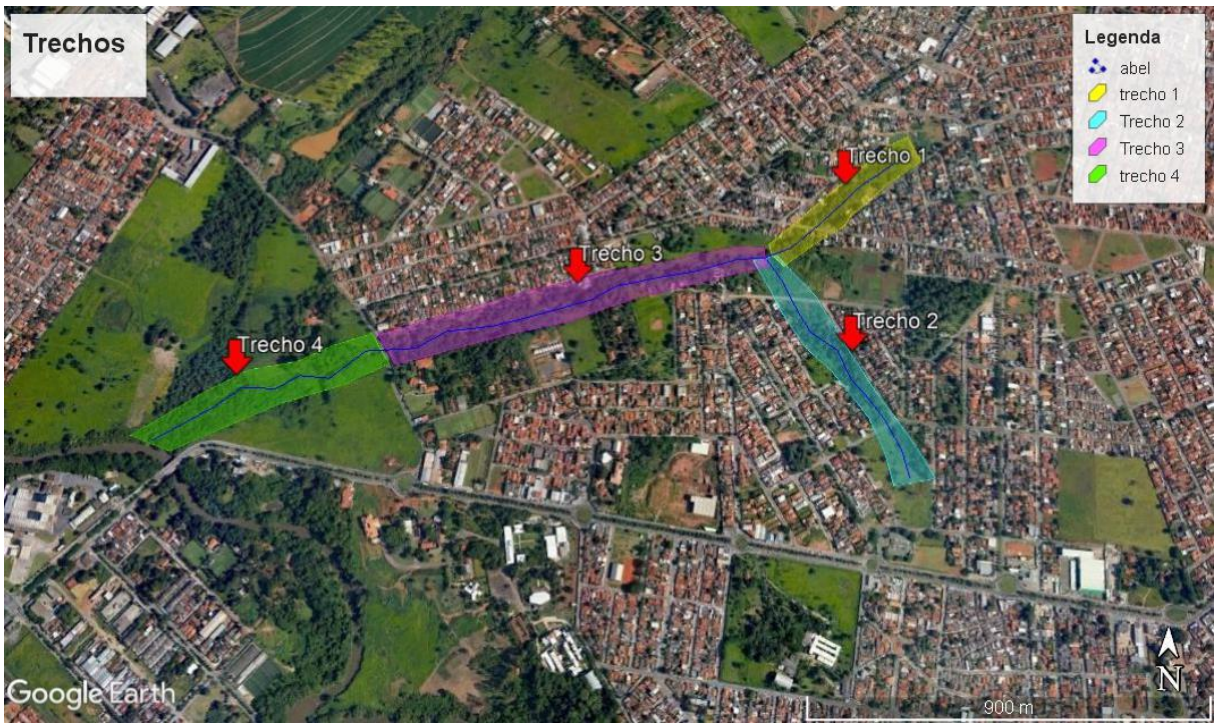
1° Trecho: Nascente (área entre as Ruas Antônio Pádua Oliveira e Gabriel Neto Amarante), mais a área de nascente entre as Ruas Vicente da Fonseca Ribeiro (Bairro Santo Hilário), Alameda Eva Vieira de Almeida e Rua Joana Bastos (Parque das Amendoeiras), até confluência com a vertente.

2° Trecho: Vertente (margem esquerda do córrego do Abel, Parque das Amendoeiras).

3° Trecho: Área de confluência com a vertente até Rua Abel Rodrigues (Bairro Santo Hilário II).

4° Trecho: Rua Abel Rodrigues até a foz.

Figura 10 - Trechos delimitados para vistorias.



Fonte: Imagem de Satélite, Google Earth - 2019. Adaptado.

5. Resultados

De acordo com a temática da drenagem urbana e seus problemas decorrentes do processo de urbanização, conforme exposto na introdução e na revisão bibliográfica e, considerando a metodologia anteriormente apresentada, estão sendo mencionados e discutidos os principais problemas na bacia do Córrego do Abel/Basílio tais como: inundações, disposição inadequada de resíduos sólidos, lançamento clandestino de esgoto *in natura* e principalmente a presença de grandes processos erosivos com escorregamento de encostas no leito do manancial, juntamente com as possíveis ações corretivas e mitigadoras para a região.

Os levantamentos de campo, com auxílio da imagem de satélite e de registros fotográficos da área em estudo, permitiram identificar, locar e avaliar os principais pontos impactados. Dessa forma, na sequência de montante para jusante do Córrego do Abel/Basílio, iniciando-se pelo

setor Santo Hilário até o encontro com o Córrego Ladeira (afluente da margem esquerda do Rio Meia Ponte), área abaixo da Rua Abel Rodrigues, no setor Parque das Amendoeiras, espera-se obter dados para realizar a caracterização do meio físico (como clima, relevo, solo, fauna e flora), socioeconômico e ambiental, bem como identificar as áreas degradadas, os aspectos da degradação e, por fim, sugerir medidas corretivas e mitigadoras para as áreas em questão.

5.1 Aspectos ambientais e estruturais identificados

Ao longo das margens e do leito do córrego Abel foram identificados vários aspectos ambientais em processo de degradação que necessitam de intervenções para a sua recuperação. São 27 áreas degradadas ao longo dos 4 trechos descritos anteriormente. Algumas destas áreas serão objeto de estudos específicos com indicação de medidas de recuperação e/ou mitigação dos impactos negativos, quando for o caso.

5.1.1 Trecho 1 – Área da nascente até confluência com a vertente

Na área de nascente do córrego Abel, foi removida grande parte das ocupações irregulares, não existe vegetação arbórea no local, com exceção de algumas espécies do tipo frutíferas como mangueiras.

Recentemente a área recebeu intervenção da AMMA, através de um programa de revitalização das nascentes (Figura 11) da capital, tendo sido retirada ocupação irregular na área, plantados alguns exemplares de espécies nativas, e construído um terraceamento (Figura 12) para impedir o fluxo do escoamento superficial concentrado.

Figura 11 - Agentes da AMMA realizando programa de revitalização.

Fonte: Acervo do autor, 2020.

Realizaram também um cercamento com alambrado (Figura 13) para impedir o acesso de pessoas e animais na área de afloramento.

Figura 12 - Terraceamento realizado em torno da nascente.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 13 - Área da nascente cercada por alambrado e sem proteção arbórea adequada.

Fonte: AMMA, 2019.

Foram encontrados também lançamentos irregulares de águas pluviais sem dissipação de energia. Aponta-se também rede de esgoto doméstico sendo lançado no ponto à jusante da área da nascente.

Um parque foi proposto para o local, porém a área hoje é utilizada como ponto de descarte de resíduos de construção civil e sólidos urbanos (Figura 14).

Figura 14 - Descarte de entulho na área da nascente.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

A recomendação para estes problemas são: a retirada dos resíduos de construção civil e resíduos sólidos urbanos, adequação dos mecanismos de drenagem, retirada do esgoto *in natura* do Parque Municipal e desocupação total da área de preservação permanente.

Quanto às ocupações neste trecho, foram encontradas diversas chácaras em situação irregular, todas elas na faixa de 30 metros, aproximadamente, do leito do córrego. Em uma delas foi identificada a presença de corte no solo, resíduos de construção civil, supressão da vegetação no local e aterramento (Figura 15).

Figura 15 - Aterramento na margem.

Fonte: Acervo do aturo, 2019.

A recomendação nesse caso é a remoção das famílias, retirada dos resíduos e o reflorestamento da APP.

Quanto às estruturas de drenagem no trecho, a transposição do córrego ocorre por bueiros tubulares com diâmetros de 1,20 metros (Figura 16). Ao todo são 4 bueiros de transposição e não há estrutura de segurança nas laterais da ponte. A drenagem da via ocorre por rampas de concreto instaladas na estrutura da ponte (Figura 17). Foi constatada edificações na margem do córrego onde o talude de aproximadamente 5 metros de profundidade encontra-se com erosão fluvial. Destaca-se a ineficiência da rede de esgoto com sinais de transbordamento constante.

Figura 16 - Bueiro de Travessia

Fonte: AMMA, 2019.

Figura 17 - Rampas de escoamento da drenagem, ausência de estruturas de segurança

Fonte: Acervo do autor, 2019.

Recomenda-se, para esses pontos, adequação da rede de drenagem, coleta de esgoto. Sugere-se também a recuperação do talude das margens da nascente até a foz após as adequações recomendadas, bem como o reflorestamento.

5.1.2 Trecho 2 – Afluente da margem esquerda, área da nascente até a confluência com o Córrego Abel

O afluente da margem esquerda do Córrego Abel nasce em uma área urbanizada do Setor Parque das Amendoeiras e existem dois pontos de exfluência do curso d´água. A área das nascentes apresenta características de lençol freático aflorante, com área brejosa, sendo que no local não há vegetação suficiente para a proteção da mesma.

Foi constatada ocupação irregular na área que deveria ser reservada à área de preservação permanente da nascente. Também foram encontrados resíduos de construção civil e resíduos diversos em ambas as margens (Figura 18).

Figura 18 - Nascentes do afluente do córrego Abel, com destaque para os pontos de exfluência e ocupações irregulares.

Fonte: Imagem de Satélite - Google Earth, 2019.

A recomendação, neste caso, é a retirada das famílias e posteriormente de todo o equipamento inserido na APP da nascente, seguido de reflorestamento de todo o raio de 100 metros da nascente, conforme definido na legislação em vigor.

Foi detectado lançamento de esgoto *in natura* na área a jusante das nascentes, causando mau cheiro e coloração diferenciada da água, porém sem identificação do local exato de lançamento (Figura 19).

Figura 19 - Água com coloração diferenciada devido ao lançamento de esgoto na área.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

Recomenda-se retirar o lançamento de esgoto da área da nascente, retirar os barramentos e fazer o reflorestamento da área.

5.1.3 Trecho 3 - A partir da confluência do afluente da margem esquerda do Córrego Abel Basílio, Setor Parque das Amendoeiras até a Rua Abel Rodrigues na Fazenda Retiro.

Foram identificados meios-fios danificados e bocas-de-lobo obstruídas por resíduos domésticos, ocupações irregulares, vegetações não nativas para autoconsumo (Figura 20.)

Figura 20 - Presença de árvores frutíferas aos fundos de propriedade na margem do córrego.

Fonte: AMMA, 2019.

O trecho apresenta-se assoreado devido ao depósito de excesso de material carreado à montante e também devido ao material proveniente da erosão (Figura 21).

Figura 21 - Processo erosivo na margem direita e leito do córrego assoreadao.

Fonte: AMMA, 2019.

Recomenda-se retirar os resíduos, recuperar o processo erosivo, realizar a manutenção no enrocamento das margens, reflorestar e providenciar a efetivação de medidas fiscais cabíveis.

5.1.4 Trecho 4 – Rua Abel Rodrigues até a foz.

À montante deste trecho há necessidade de retaludamento das margens com reflorestamento da mesma. Foram identificadas bocas-de-lobo obstruídas (Figura 22), assoreamento do córrego e processos erosivos em ambas as margens, com perda de solo e de flora (Figura 23).

Figura 22 - Obstrução em bocas-de-lobo.

Fonte: AMMA, 2019.

Figura 23 - Erosão fluvial e talude exposto.

Fonte: AMMA, 2019.

A aproximadamente 200 metros da foz do córrego Abel no Rio Meia Ponte, este recebe contribuição do Córrego Ladeira na margem direita. O local apresenta características de solo encharcado e a vegetação apresenta-se relativamente preservada neste ponto (Figura 24).

Figura 24 - Foz do córrego Ladeira na margem direita do córrego Abel.

Fonte: AMMA, 2019.

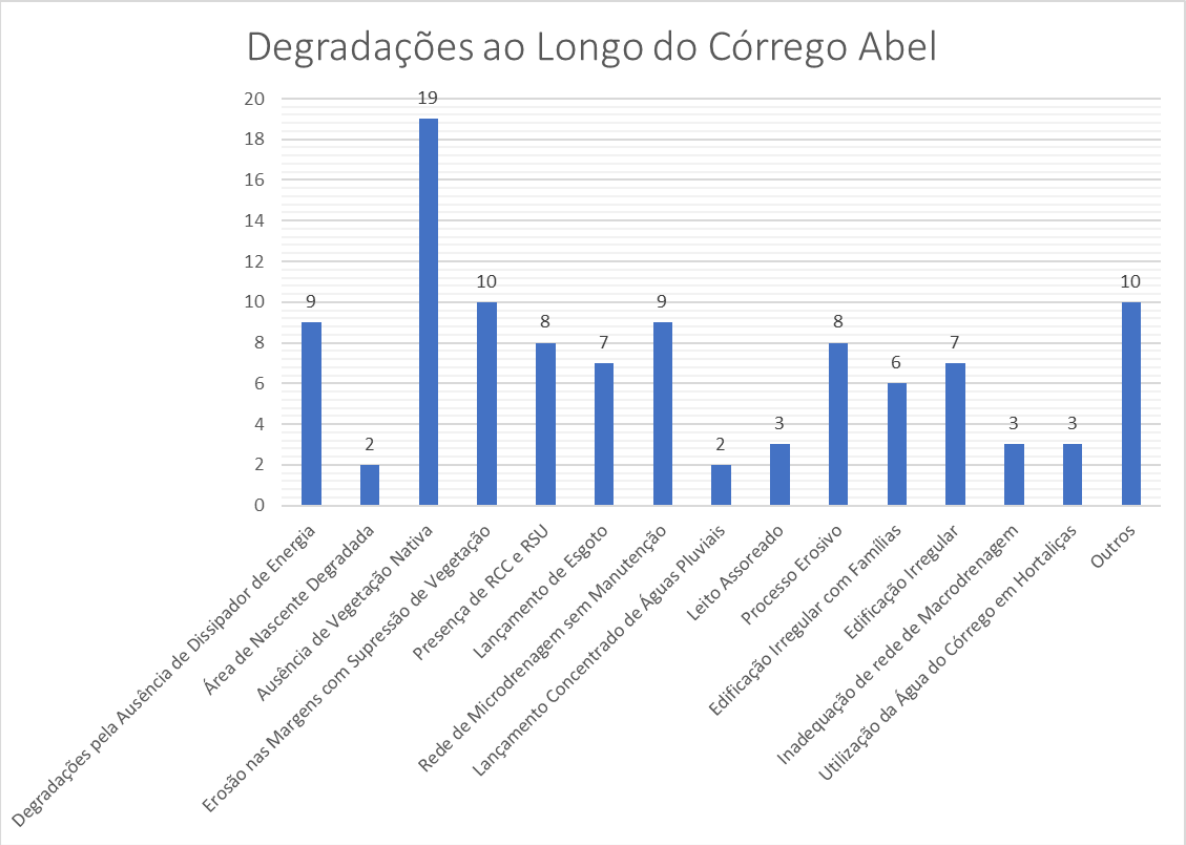
A Foz do córrego Abel /Basílio ocorre juntamente com um lançamento de esgoto *in natura* no Rio Meia Ponte. Foram encontrados, na área das margens do Rio Meia Ponte e no leito, diversos tipos resíduos como pneus, carcaças de lata, plásticos, resíduos domésticos e outros.

5.2 Principais aspectos da degradação.

Através do estudo de campo e das imagens de satélite, foram revelados os diversos tipos de degradação ambiental instalados ao longo do córrego Abel. Os problemas, geralmente, estão ligados ao o uso e ocupação inadequada às margens do curso d'água, desrespeitando o espaço destinado por lei às Áreas de Preservação Permanente – APP.

Na Figura 25 abaixo estão listados todos os aspectos de degradação verificados nos pontos analisados.

Figura 25 - Gráfico de Distribuição de Degradações ao Longo do Córrego Abel.



Fonte: Dados do autor, 2020.

Nota-se que o principal fator de degradação é a ausência de vegetação nativa, seguido dos processos erosivos nas margens, também ligado à supressão da vegetação.

5.3 Principais ações de contenção/mitigação

As principais ações mitigadoras dos impactos analisados ao lingo do córrego do Abel são: Construir estruturas de dissipação de energia, recuperar nascentes e construir parques, reflorestar a área com espécies nativas, recuperar os taludes e reflorestar as margens, remover

Resíduos de Construção Civil (RCC) e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), adequar rede de esgoto, realizar manutenção da rede de drenagem, disciplinar o escoamento de água pluvial, desassorear o leito do córrego, recuperar processo erosivo, remover edificações irregulares e transferir famílias para local adequado, remover edificações em APP, avaliar a capacidade hídrica do bueiro e adequar à demanda, dentre outras ações.

6. Conclusões

Sabe-se que a maioria das ações de degradação ao longo do córrego Abel é decorrente de atividades antrópicas, do aumento dos picos de vazão devido à impermeabilização dos terrenos e da ineficiência ou falta de manutenção das estruturas de micro e macrodrenagem.

As medidas aqui citadas e a recuperação das degradações sofridas pela impermeabilização das áreas devem ser adotadas por todos os envolvidos: moradores, empreendedores e a Prefeitura de Goiânia, pois todos são, direta ou indiretamente responsáveis pela impermeabilização do solo.

Cabe aos moradores e empreendedores, ações ambientais com o objetivo de disciplinar melhor as águas pluviais que incidem sobre seus terrenos, visando diminuir seu fluxo e velocidade, favorecendo a infiltração e o escoamento subterrâneo e preservar melhor a vegetação e o solo destas áreas.

À prefeitura, cabe avaliar as condições do atual sistema de drenagem pluvial, principalmente no que tange à capacidade de vazão do fluxo de água nas galerias; implantar dissipadores de energia eficientes nos lançamentos de água pluvial a fim de reduzir a velocidade das águas e promover a limpeza, manutenção e fiscalização do sistema de drenagem. Cabe também à Prefeitura a implantação de um sistema de drenagem complementar eficiente e sustentável, a fim de propiciar a infiltração, retenção e regulação da vazão.

Vale ressaltar que ao início de 2020 a Prefeitura voltou a realizar trabalhos na região do Córrego do Abel, principalmente nas áreas de nascente mencionadas neste artigo, mas por conta da paralisação das atividades, devido à Pandemia de Sars-Cov-19, os trabalhos ainda não foram retomados.

Referências

AMMA. **Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD**. Goiânia. 2019.

BARBOSA, F. D. A. D. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p. 115. 2006.

DECRETO Nº 97.632. **DISPÕE SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DO ARTIGO 2., INCISO VIII, DA LEI N. 6.938, DE 31/08/1981, E DA OUTRAS PROVIDENCIAS**. Brasil. Brasília. 1989.

FARIA, K. M. S. D. **PROCESSOS EROSIVOS LINEARES NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA – GOIÁS**. IESA. Goiânia. 2008.

FAUSTINO, J. **Turrialba:** Planificación y gestión de manejo de cuencas. [S.l.]: CATIE, 1996.

FENDRICH, R. **Drenagem e controle da erosao urbana.** Curitiba: Educa, 1984.

FERREIRA, N. C. et al. **Revisão e Detalhamento da Carta de Risco do Município de Goiânia**. IESA. Natal. 2009.

GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. 4ª. ed. [S.l.]: Bertrand Brasil, 1999.

IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2019**. IBGE - Diretoria de Pesquisas - DPE. Rio de Janeiro. 2019.

LEI Nº 12.608. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC**. Brasília: Diário Oficial da União. 2012.

MAGALHÃES, R. A. Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle. **XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens**, Fortaleza, 2003.

MARTINS, F. B. **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS)**. Lavras: Cerne, v. 11, 2005.

MENDES, H. C. et al. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras**. USP/EESC. São Paulo. 2004.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Erosões Urbanas em Goiânia. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, 1994.

PORTO, M. F. D. A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em areas urbanas. **Drenagem Urbana**, São Paulo, 1995.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, p. 5-27, Jan/Mar 2002.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. D. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: UFRGS, v. V, 1995.

UNB; UFG; FURNAS. **Cartilha - Erosão**, Brasília, n. 3ª, p. 34, 2007.

WALESH, S. G. **Urban Surface Water Management**. Tradução de Autor. Valparaiso, Indiana: Wiley, 1989.

WEATHER SPARK. **Weather Spark**, nov. 2020. Disponivel em: <https://pt.weatherspark.com/y/29979/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Goi%C3%A2nia-Brasil-durante-o-ano#:~:text=Goi%C3%A2nia%20tem%20varia%C3%A7%C3%A3o%20sazonal%20extrema,cont%C3%ADnuos%20m%C3%ADnima%20de%2013%20mil%C3%ADmetros.>. Acesso em: Novembro 2020.