

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE CASOS DE EROSÕES HÍDRICAS LINEARES E SEU
CONTROLE NA CIDADE DE SÃO CARLOS E COMPARATIVO COM
OUTRAS REGIÕES**

Amanda Ramela Schalch Vivaldini

São Carlos

2021

AMANDA RAMELA SCHALCH VIVALDINI

**ESTUDO DE CASOS DE EROSÕES HÍDRICAS LINEARES E SEU
CONTROLE NA CIDADE DE SÃO CARLOS E COMPARATIVO COM
OUTRAS REGIÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos requisitos
para a conclusão da graduação em Engenharia
Civil

Orientadora: Denise Balestrero Menezes

São Carlos

2021

RESUMO

O rápido e desordenado crescimento populacional brasileiro caracterizou-se pelo uso incorreto dos recursos naturais e, como consequência, gerou impactos e degradações ao meio ambiente, principalmente no solo. O solo representa um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal do planeta, primordial para a sobrevivência da vida na Terra, e que também sustenta toda a infraestrutura construída. Uma forma de manifestação desta degradação são os processos erosivos que pode ocasionar diversos impactos ambientais, econômicos e sociais, além de perda relevante de solos férteis comprometendo seu limite de perda de solo. A presente monografia tem como finalidade estudar casos de erosões hídricas lineares e o quanto essas erosões geram perdas e obras de correção. Para isso foi feito um levantamento de casos sobre as causas e consequências das erosões hídricas e, em seguida, foi feita uma análise de técnicas de recuperação dessas erosões. Além disso, foi realizado um estudo mais aprofundado de casos na cidade de São Carlos onde analisou-se as características geotécnicas dos casos estudados, através de mapas geotécnicos da cidade. Foi possível concluir que nas áreas urbanas a falta de planejamento e infraestrutura na implantação de loteamentos acarreta a maioria dos casos de erosão e nas áreas rurais a substituição da vegetação por pastagens e plantações de monoculturas são responsáveis pelos processos erosivos. Além disso, através do estudo realizado foi possível constatar que técnicas de prevenção e controle de erosões são muitas vezes mal dimensionadas, sem manutenção e em muitos casos não existiam. Com relação à cidade de São Carlos, foi possível perceber que a fragilidade do meio físico, devido ao tipo de substrato rochoso e materiais inconsolidados, somada à intervenção antrópica desencadeou o aparecimento das erosões.

Palavras-chave: Solo; Erosão hídrica; Técnicas de recuperação.

ABSTRACT

The rapid and disordered Brazilian population growth was characterized by the incorrect use of natural resources and, as a consequence, generated impacts and degradations to the environment, mainly in the soil. The soil represents a basic resource that supports all the vegetation cover on the planet, essential for the survival of life on Earth, which also supports the entire built infrastructure. One form of manifestation of this degradation is the erosive processes that can cause, in addition to significant loss of fertile soils, compromising its limit of soil loss, several environmental, economic and social impacts. This project aims to study cases of linear water erosion and how these erosions generate losses and correction works. A survey of cases was made on the causes and consequences of water erosions and, then, an analysis of techniques for recovering these erosions was conducted. In addition, an in-depth study of cases was carried out in the city of Sao Carlos, where the geotechnical characteristics of the cases studied were analyzed, through geotechnical maps of the city. It was possible to conclude that in urban areas the lack of planning and infrastructure in the implementation of subdivisions leads to most cases of erosion and in rural areas the replacement of vegetation by pastures and monoculture plantations are responsible for the erosive processes. In addition, through the study carried out it was found that erosion prevention and control techniques are often poorly dimensioned, without maintenance and in many cases did not exist. Regarding the city of Sao Carlos, it was possible to notice that the fragility of the physical environment, due to the type of rocky substrate and unconsolidated materials, added to the anthropic intervention, triggered the appearance of erosions.

Key-words: Civil Engineering; Water erosion; Ground.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 Justificativa.....	6
1.2 Objetivos	7
1.3 Síntese da metodologia.....	7
1.4 Estrutura do texto.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Erosões.....	9
2.1.1 Fatores condicionantes do processo erosivo	9
2.1.1.1 Fatores ativos	10
2.1.1.2 Fatores passivos	10
2.1.2 Etapas da Erosão Hídrica	11
2.1.3 Classificação da Erosão Hídrica	11
2.1.3.1 Erosão Laminar	12
2.1.3.2 Erosão Linear	12
2.1.3.3 Causas e Consequências da Erosão Hídrica.....	14
2.1.4 Práticas de Controle e Recuperação	15
2.1.5 Técnicas para Controle de Erosão.....	17
2.1.6 Danos Causados por Obras ao Meio Físico	24
3. ESTUDOS DE CASO NA CIDADE DE SÃO CARLOS	26
3.1 Características Gerais da Cidade de São Carlos	26
3.2 Pesquisa sobre Erosões na Cidade de São Carlos	29
4. CASOS ESTUDADOS DE OUTRAS REGIÕES	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
5.1 Análise dos Casos de São Carlos	70
5.2 Análise Geral dos Casos	76
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS	82

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso vital para a humanidade, entretanto esse recurso natural tem sido utilizado de forma incorreta pelos seres humanos, principalmente devido ao rápido e desordenado crescimento populacional, tendo como consequência impactos e degradações ao meio ambiente. Além das ações naturais como clima, materiais de origem, organismos, relevo e tempo, atividades antrópicas como desmatamento, poluição, uso agrícola, obras de grande porte, excesso de superfícies impermeabilizadas, entre outros, têm sido associados à rápida degradação do solo, sendo a erosão, uma das manifestações desse mal uso do solo.

O solo tem sido interpretado de maneira diversa dependendo do seu objetivo; para a geologia, o solo é produto do intemperismo físico e químico das rochas, para a engenharia civil, é considerado um material escavável, que perde resistência em contato com a água e para a agronomia, é uma camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana. (ANTUNES; SALOMÃO, 2018).

O principal critério de caracterização do solo é a diferenciação vertical de composição, textura e estrutura entre seus horizontes. É importante, também, considerar a diferenciação lateral nos estudos das relações entre os elementos que constituem o meio natural e o solo e assim, conseqüentemente, interpretar os processos da dinâmica superficial, sendo a erosão um deles.

Proveniente do latim “erodere”, erosão significa corroer, desgastar. A erosão é conhecida como um processo de desprendimento e arraste das partículas do solo como efeito da ação de agentes erosivos, como a água, o vento e seres vivos, sendo apontado como a principal razão do esgotamento acelerado das terras, intensificada por atividades antrópicas. Dependendo da forma como se dá o escoamento superficial, a erosão pode ser classificada em laminar ou linear, sendo a linear a que mais preocupa pelos riscos que pode gerar. A erosão linear ocorre devido à concentração do fluxo das águas resultante do escoamento superficial, que ocasiona a formação de feições erosivas como sulcos e ravinas, podendo ocorrer também devido ao fluxo de água subsuperficial e acarretar a formação das voçorocas. (SALOMÃO; IWASA, 1995).

Os prejuízos gerados pela erosão afetam tanto a área rural quanto a urbana, sendo as perdas de solos agricultáveis, danos em obras de infraestrutura e assoreamento de rios, alguns desses prejuízos. Nas áreas urbanas, o desencadeamento dos processos erosivos ocorre, geralmente, nas áreas periféricas pois há ausência ou deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais, implantação inadequada de arruamento, ocupação de áreas impróprias, entre outros.

É de extrema importância a compreensão dos fenômenos formadores da erosão para estabelecer medidas de prevenção e controle, sendo as medidas preventivas mais viáveis quando comparadas a obras de controle e recuperação. Para enfrentar os problemas oriundos da erosão, é necessário um conhecimento pedológico, geomorfológico e geotécnico, identificando e caracterizando os solos para então estabelecer quais as melhores técnicas para a prevenção ou recuperação da área degradada.

Neste trabalho foram estudadas as causas e consequências da erosão hídrica linear através de estudos de casos. A partir disso, foi feito um tabelamento das erosões indicando sua causa, área afetada, tipo de solo no entorno, técnicas de recuperação, entre outros, para que seja possível analisar quais as melhores técnicas preventivas ou corretivas utilizadas, assim como técnicas que não são eficientes.

1.1 JUSTIFICATIVA

O agravamento dos problemas erosivos está relacionado ao crescimento da população urbana, num processo de rápida urbanização, em que os terrenos que eram evitados antigamente foram ocupados pela grande demanda populacional, sem planejamento ou com projetos e práticas inadequados e ineficientes. Quando a erosão ocorre em áreas urbanas, expõe moradias, equipamentos urbanos e obras civis a situações de risco de difícil controle.

Dessa maneira, os processos erosivos sempre estarão presentes, visto que a expansão urbana tende a ser cada vez maior. Além disso, obras de controle e recuperação da erosão urbana possuem elevados custos, sendo viável o pequeno gasto adicional de realizar medidas preventivas durante fases de planejamento e implantação das obras urbanas.

Diante disso, analisar as causas e consequências da erosão hídrica linear e avaliar técnicas que se preocupam com o solo é de extrema importância não só para o meio ambiente como também para o setor da construção civil, visto que muitas obras são danificadas e até mesmo perdidas devido à falta de prevenção desse fenômeno.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa monografia foi realizar um levantamento de casos de erosões lineares e analisar as técnicas utilizadas para prevenir e/ou controlar o processo erosivo.

Para alcançar o objetivo principal do estudo, propõe-se a realização dos seguintes objetivos específicos:

1. Realizar um levantamento de casos e diagnóstico de erosões lineares, comparando-os;
2. Identificar os principais condicionantes dos processos erosivos e quais as técnicas conservacionistas ou técnicas construtivas apresentadas nos casos estudados para solucionar o problema;
3. Realizar um levantamento de casos de erosões lineares na cidade de São Carlos, analisando as características geotécnicas dos solos afetados, através de mapas geotécnicos da cidade de São Carlos.

1.3 SÍNTESE DA METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi estruturada nas seguintes etapas, visando cumprir os seus objetivos:

1. Levantamento de dados e estudos prévios, por meio de consultas nas bases de periódicos, de dissertações e teses.
2. Revisão e sistematização dos referenciais conceituais.
3. Revisão e avaliação dos casos estudados em diferentes cidades, tabelando os condicionantes dos processos, área afetada, tipo de solo no entorno, técnicas de recuperação, entre outros.
4. Para a cidade de São Carlos, foi feita uma análise mais profunda das características geotécnicas, analisando mapas de materiais inconsolidados e substrato geológico.
5. Análise dos dados e organização dos resultados de processos, causas, correções.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

Além deste capítulo introdutório, que contém uma breve descrição do tema e do trabalho, este texto é composto também por mais cinco capítulos. O capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica a qual aborda conceitos importantes para o entendimento da erosão hídrica como fatores condicionantes, etapas, classificação, causas, efeitos e técnicas de recuperação de erosões. O capítulo 3 apresenta um estudo de casos de processos erosivos

na cidade de São Carlos, através de casos obtidos em dissertações, teses e bases de periódicos.

O capítulo 4 apresenta um levantamento de dados, em outras regiões, dos condicionantes dos processos erosivos, danos causados e as medidas corretivas implantadas. No capítulo 5 estão expostos os resultados e discussões através da comparação dos resultados obtidos nas análises dos estudos de casos, além de uma análise mais aprofundada das regiões dos estudos de casos da cidade de São Carlos, verificando materiais inconsolidados e substratos geológicos das mesmas, uma vez que são as análises mais interessantes para a engenharia civil.

Por fim, o capítulo 6 é dedicado às considerações finais da monografia, refletindo as vantagens da realização de medidas preventivas durante as fases de planejamento e implantação das obras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EROSÕES

A erosão é o processo de desgaste, transporte e sedimentação das partículas do solo pela ação individual ou combinada da gravidade com agentes erosivos. O mecanismo de formação do solo é contrabalanceado pelo processo de erosão, ou seja, a alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, químicos e orgânicos, é compensado pelo processo erosivo, o qual remove os constituintes do solo. O grande problema se encontra quando há uma intensificação da erosão, principalmente pelas ações humanas, pois o solo não consegue se recuperar rapidamente e neutralizar as intervenções sofridas. (SALOMÃO; IWASA, 1995).

De acordo com Salomão e Iwasa (1995), a erosão pode ser dividida em duas formas de abordagem, geológica ou acelerada. A erosão “geológica” ou “natural” se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, ocorrendo de forma lenta e gradativa, sendo responsável pela formação dos relevos existentes e a erosão “acelerada” ou “antrópica” possui uma intensidade superior à formação do solo, ocasionadas, geralmente, pelas atividades humanas e não permite uma recuperação natural.

Todos os agentes erosivos compartilham do mesmo produto que é a erosão, porém cada agente atua de uma forma específica na natureza, além disso a tendência é que exista preponderância de alguns sobre os demais como, por exemplo, erosões eólicas em regiões desérticas, erosão glacial em regiões temperadas, erosão hídrica em regiões tropicais. O presente trabalho deu ênfase às erosões hídricas lineares.

A água pluvial é o agente mais importante nos processos erosivos em regiões tropicais, causando a erosão hídrica que se trata da erosão causada pelo conjunto de águas que, sob ação da gravidade, movimenta-se na superfície do solo.

2.1.1 FATORES CONDICIONANTES DO PROCESSO EROSIVO

Os processos erosivos são comandados por diversos fatores naturais relacionados às características da chuva, do relevo, do solo e da cobertura vegetal. A ocupação humana, principalmente quando efetuada de modo inadequado, acelera esses processos. As causas preponderantes que provocam a erosão são subdivididas em ativas e passivas. De acordo

com Amaral (1984) e Bertoni e Lombardi Neto (2012), os fatores ativos abrangem as características da infiltração, clima (precipitação) e relevo (declividade). Já os passivos são descritos pelas características físicas e estruturais dos solos, assim como a cobertura vegetal.

2.1.1.1 FATORES ATIVOS

A erosão é provocada pela colisão das gotas da chuva sobre a superfície do solo. Ocorre por desintegração do solo e, em seguida, pelo carregamento dos grãos pela correnteza, fenômeno conhecido como “*runoff*”. O potencial erosivo depende da intensidade, duração e frequência da chuva, sendo as chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas a forma mais agressiva de impacto. (SALOMÃO; IWASA, 1995).

Além da precipitação, a topografia do terreno também possui grande influência na capacidade erosiva decorrente, principalmente, da declividade e do comprimento de rampa, uma vez que, esses fatores interferem na velocidade da enxurrada (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012). Os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades no escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva.

2.1.1.2 FATORES PASSIVOS

As características químicas, biológicas, mineralógicas e as propriedades físicas, sendo elas textura, estrutura, permeabilidade e densidade, exercem diferentes influências na erosão, já que interferem na resistência à ação das águas.

A textura influencia na capacidade de absorção da água de chuva, já que está relacionada com o tamanho das partículas. A estrutura está relacionada com o modo como as partículas se arranjam, influenciando na capacidade de infiltração e absorção de água e na capacidade de arraste de partículas do solo. A permeabilidade está diretamente relacionada com a porosidade do solo, determinando a maior ou menor capacidade de infiltração das águas da chuva. E a densidade, ou seja, a relação entre a massa total e o volume conforme aumenta, diminui os poros e torna o solo mais erodível (SALOMÃO; IWASA, 1995).

Outra característica importante é a quantidade de matéria orgânica presente no solo, pois permite maior agregação e coesão entre as partículas, o que torna o solo mais estável na presença de água, mais poroso e com maior poder de retenção de água. Além disso, a

espessura do solo é, também, uma característica importante já que solos rasos permitem uma saturação rápida dos horizontes superiores (SALOMÃO; IWASA, 1995).

Além das características do solo, a cobertura vegetal é outro fator passivo, pois é considerada como uma defesa natural de um terreno contra a erosão, já que sua presença pode retardar o processo erosivo. O primeiro fator a ser alterado pela falta de vegetação é o escoamento superficial, uma vez que não ocorre a dispersão da água da chuva, além disso, segundo Bertoni e Lombardi Neto (2012), outros efeitos da cobertura vegetal são a proteção contra o impacto direto da chuva, o aumento da infiltração devido a presença de poros pela ação das raízes e o aumento da capacidade de retenção de água promovida pela matéria orgânica presente no solo.

2.1.2 ETAPAS DA EROSÃO HÍDRICA

Segundo Bahia *et al.* (1992) a erosão hídrica ocorre em quatro etapas: impacto, desagregação, transporte e deposição. As gotas de chuva que atingem o solo desprendem as partículas do solo no local do impacto, transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas e imprimem energia em forma de turbulência à água da superfície.

A precipitação que atinge a superfície do solo inicialmente provoca o umedecimento dos agregados, reduzindo suas forças coesivas, e então, esses agregados são desintegrados em partículas menores com a continuidade da chuva. O transporte propriamente dito do solo somente começa a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração. Estabelecido o escoamento, a enxurrada se move no sentido da declividade, podendo concentrar-se em pequenas depressões. Por fim, a deposição ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada (FILIZOLA *et al.*, 2011).]

2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DA EROSÃO HÍDRICA

Segundo Salomão e Iwasa (1995), dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial, a erosão pode ser classificada de duas maneiras: laminar ou linear. De acordo com Oliveira (1999), o primeiro estágio da erosão linear é representado por pequenos canais denominados sulcos rasos e profundos. Caso não ocorram medidas de recuperação, esses sulcos podem evoluir a canais maiores, chamados de ravinas. Ao avançar ainda mais, as ravinas podem abranger grandes dimensões tanto na largura como

na extensão e profundidade, atingindo o lençol freático. A partir deste estágio, ocorre o desenvolvimento da voçoroca, progredindo de forma rápida e complexa.

2.1.3.1 EROÇÃO LAMINAR

A erosão laminar é causada por escoamento difuso das águas da chuva resultando na retirada da camada superficial de sedimentos, podendo ou não, desencadear sulcos (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2003).

De acordo com Carvalho, Lima e Mortari (2009) geralmente esta forma de erosão acarreta a degradação da estrutura física do solo e a perda da sua fertilidade natural sendo de difícil percepção, decorrente de suas características.

2.1.3.2 EROÇÃO LINEAR

A erosão linear é causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento, ocasionando pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que podem evoluir para ravinas e voçorocas.

De acordo com Iwasa, Fendrich e Almeida Filho (2018), a ravina é um canal resultante do escoamento superficial enquanto a voçoroca é um canal resultante tanto do escoamento superficial quanto do escoamento subterrâneo do freático. As ravinas e principalmente as voçorocas são altamente destrutivas e se ampliam rapidamente formando grandes cavidades quando o nível do lençol freático é atingido.

A erosão linear do tipo ravina é o processo de destacamento e transporte do solo devido à ação da enxurrada ou do escoamento superficial concentrado (*runoff*), normalmente de forma alongada, sendo mais compridas do que largas e com profundidades variadas. A ravina (Figura 2.1) é um processo erosivo mais intenso que o sulco, sendo de maior porte, decorrente do aumento das dimensões do raio hidráulico e do perímetro molhado dos sulcos de erosão pela ação contínua do escoamento superficial (LAFAYETTE; CANTALICE; COUTINHO, 2011).

Figura 2.1 - Erosão hídrica linear do tipo ravina



Fonte: Iwasa, Fendrich e Almeida (2018).

A voçoroca (Figura 2.2), por sua vez, é muitas vezes resultante da influência antrópica, podendo ser formada por uma passagem gradual da erosão laminar para erosão em sulcos e ravinas, condicionados pelo fato de esta atingir o nível d'água e acarretando o fenômeno chamado *piping* (Figura 2.3). O *piping* é caracterizado como erosão interna em uma voçoroca que provoca remoção de partículas do interior do solo, formando “tubos” vazios que provocam colapsos e escorregamentos laterais do terreno, alargando a voçoroca, ou criando novos ramos (IWASA; FENDRICH; ALMEIDA FILHO, 2018).

Figura 2.2 - Erosão hídrica linear do tipo voçoroca



Fonte: Iwasa, Fendrich e Almeida (2018).

Devido ao fluxo de água que percorre o interior das voçorocas durante períodos de chuva, estas podem atingir vários metros de comprimento e profundidade, acarretando no desprendimento e arraste de partículas de solo (GUERRA; CUNHA, 2008).

Figura 2.1 - Erosão interna (“piping”) em voçoroca



Fonte: Iwasa, Fendrich e Almeida (2018).

2.1.3.3 CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA EROSÃO HÍDRICA

Erosões urbanas possuem um grande poder destrutivo, ameaçando habitações e equipamentos públicos, tornando-se um dos condicionantes da expansão urbana e assentamento de obras de infraestrutura (Figura 2.4). Segundo Salomão e Iwasa (1995), o uso urbano se diferencia do uso rural, uma vez que as condições hidrológicas nas cidades são alteradas em consequência da impermeabilização do solo e também dos telhados, que propiciam a concentração e lançamento das águas pluviais em cabeceiras de drenagem e embaciados de encostas.

Figura 2.2 - Voçoroca urbana



Fonte: Iwasa, Fendrich e Almeida (2018).

Sulcos e ravinas se expressam mais frequentemente nas vias públicas e áreas periféricas, em forma de voçorocas em cabeceiras de drenagens e embaciados de encostas. A alta frequência dos processos erosivos é resultado de projetos mal concebidos de drenagem ou inexistência dos mesmos, precárias condições de infraestrutura, além do uso de áreas naturalmente adversas, ou seja, com alta declividade, fundos de vales, alta suscetibilidade à erosão, entre outros (IWASA; FENDRICH; ALMEIDA FILHO, 2018).

Além de consequências diretas, que atingem moradias e toda infraestrutura das cidades, como rede de água, esgoto, eletricidade, sistema de drenagem, entre outros, há consequências indiretas, como assoreamento de cursos hídricos, galerias e fundos de vales, acarretando problemas de inundações e perda de capacidade dos reservatórios, redução na aplicação de novos investimentos, desvalorização imobiliária, paralisação do tráfego em algumas ruas, desenvolvimento de focos de doenças devido ao lançamento de lixo e esgoto nas feições erosivas. (ALMEIDA FILHO, 2014; FENDRICH *et al.*, 1997).

2.1.4 PRÁTICAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO

A compreensão dos fenômenos formadores da erosão é de extrema importância para estabelecer medidas de prevenção e controle. Além da falta de planejamento advinda do rápido crescimento urbano, obras inadequadas ou ineficientes são implantadas e, muitas vezes, são destruídas.

Medidas preventivas são um conjunto de estratégias de monitoramento e controle, as quais têm como objetivo impedir ou amenizar futuras erosões. Já as medidas corretivas,

consistem na correção imediata do problema, uma vez que ele já ocorreu ou estar em evolução, podendo ser medidas de estabilização ou recuperação.

No estudo preventivo de erosão, uma ferramenta que representa as características do meio físico é a carta geotécnica, que apresenta as características geotécnicas, inclusive as limitações e fragilidades do terreno. A carta geotécnica de síntese pode apresentar reunidas as características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da área mapeada, destacando seu comportamento para diferentes tipos de ocupação. Para a elaboração dessas cartas voltadas para processos erosivos, é necessário fazer um mapeamento dos dados do substrato geológico, do relevo e do tipo de solo e a partir de então estabelecer planos de prevenção e combate da erosão (IWASA; FENDRICH; ALMEIDA FILHO, 2018).

Outro fator importante para estabelecer um plano preventivo e obras adequadas de correção é o cadastramento das erosões, uma vez que esse cadastramento estipula o nível de criticidade do processo erosivo através de um relatório de diagnóstico. A partir da caracterização das causas do desenvolvimento dos processos erosivos é possível elaborar projetos de contenção (IPT, 1992).

Segundo Salomão e Iwasa (1995), algumas das medidas para correção de erosões são embasadas no disciplinamento das águas superficiais e subterrâneas, envolvendo estruturas de captação e condução das águas (galerias e emissários), estruturas de combate e dissipação de energia e a construção de drenos profundos, além de obras corretivas da feição, como a estabilização de taludes com obras de aterro e retaludamento e, principalmente, a realização da manutenção das obras implantadas para conserva-las.

É importante, também, a realização prévia do estudo de impacto ambiental (EIA) na implantação de grandes obras de engenharia. Para a elaboração do EIA, inicialmente caracteriza-se a atividade que irá modificar o meio. Diante disso, é analisado o meio físico, o qual constitui na interação de componentes como movimentação de solos, rochas, água, entre outros, e a interação desses com o meio biológico e socioeconômico. Feito o diagnóstico ambiental, realiza-se a avaliação do impacto ambiental, fase em quem se prevê as alterações na dinâmica dos processos do meio físico e biológico e sua repercussão no meio socioeconômico e a partir disso avalia o grau de significância da alteração. Por fim, é definido medidas que amenizam os impactos e, também, um programa de monitoramento para controlar os impactos identificados (IPT, 1992).

Para a ocupação urbana e em especial para novos parcelamentos, são importantes procedimentos para o controle de erosão o cuidadoso projeto de arruamento, rede hídrica e disciplinamento do escoamento de água (SALOMÃO et al., 2012).

2.1.5 TÉCNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO

Técnicas para o controle de erosão hídrica são, basicamente, embasadas em suavização da inclinação, redução no comprimento da rampa e aumento da rugosidade superficial, uma vez que esses fatores influenciam no potencial erosivo da água das chuvas. As técnicas agrícolas têm como objetivo proteger o solo através de sistemas para manejo de cultivos, já as técnicas que interessam à Engenharia Civil, ou seja, técnicas mecânicas, visam canalizar as águas de escoamento, diminuir a velocidade da corrente e a carga de sedimentos, aumentar a infiltração e controlar os movimentos de massa.

Verdum, Vieira e Caneppele (2016), apresentaram uma série de alternativas capazes de controlar a erosão e conter áreas instáveis em regiões agrícolas podendo ser adaptadas para uso urbano. A reorganização do escoamento superficial é uma das principais medidas a serem tomadas pois esse mecanismo promove o início dos processos erosivos.

Dentre as técnicas de controle do escoamento mais comuns está o terraceamento, constituído por um dique e um canal construídos transversalmente em relação ao declive do terreno que tem como finalidade reduzir o comprimento das rampas nas encostas e conseqüentemente reduzir a velocidade de escoamento, aumentando a infiltração da água; além disso, permite que haja a deposição do sedimentos, reduzindo as perdas de solo agrícola e o assoreamento de rios (Figura 2.5). Os terraços podem ser associados a técnicas de caráter vegetativo para aumentar sua eficiência e, também, podem ser associados a canais escoradouros que são canais de drenagem superficiais os quais possibilitam a coleta do excesso de água. O valetamento é mais utilizado em pastagens e consiste na abertura de valas sendo um método prático e pouco oneroso e os sulcos em nível os quais são vantajosos em relação ao terraceamento e valetamento pois são colocados mais próximos um do outro, distribuindo melhor a água no terreno (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016).

Quando a erosão já está instalada, outras técnicas podem ser realizadas como a terraplenagem, que apesar de ser mais onerosa, pode ter resultados rápidos se for associada a outras técnicas de disciplinamento da água. A instalação de drenos nos leitos das voçorocas pode ser utilizada quando a erosão é subterrânea; para sua construção podem ser utilizados bambus amarrados em feixes. O retaludamento, tem como objetivo tornar os declives menores (Figura 2.8). A construção de barragens de terra segura os sedimentos e com o passar do tempo vai enchendo a voçoroca fazendo com que ela desapareça. Os diques de madeira, estruturas feitas por estacas e amarradas com arame ou corda e ancoradas com auxílio de pedras e cabos são usados para retenção de sedimentos. Também podem ser utilizados: os métodos biotecnológicos que utilizam

elementos biológicos e mecânicos em sua composição, como os geotêxteis; as paliçadas, que impedem o aprofundamento da erosão estabilizando longitudinalmente o solo e contendo sedimentos (Figura 2.9); os muros de gabiões, que proporcionam resistência ao solo e boa drenagem e são constituídos por caixas de pedras envoltos por uma malha de arame (Figura 2.6); os feixes vivos, utilizados basicamente em bases de taludes e são feitos com vegetações com alta propagação para que ocorra surgimento de raízes em um breve período; o reforço dos declives com mantas orgânicas ou sintéticas que tem como objetivo aumentar a resistência a tração cobrindo a superfície sujeita a movimentação de terra; os diques de pedras feitos através da deposição de material rochoso fragmentado e agem como obstáculos permeáveis e muros de contenção (Figura 2.7), feitos com grades de madeiras preenchidas com fragmentos de rocha, oferecendo uma maior resistência ao deslizamento, tombamento e cisalhamento (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016).

Figura 2.5 – Terraceamento



Fonte: <https://wall.alphacoders.com/big.php?i=931342&lang=Portuguese>

Figura 2.6 – Muro de Gabião



Fonte: <https://www.obetacem.com.br/muro-de-gabiao.html>

Figura 2.7 – Muro de Contenção



Fonte: <https://nossasweethome.blogspot.com/2015/12/muro-de-contencao.html>

Figura 2.8 – Retaludamento



Fonte: <https://www.rentville.com.br/portfolio/retaludamento-mecanico-br-101-fr-perfuracoes/>

Figura 2.9 – Paliçada



Fonte: <http://deflor.com.br/palicao-de-madeira/>

Técnicas de caráter vegetativo, como adubação verde, plantio direto, calagem, revegetação (Figuras 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13), entre outras, têm como finalidade devolver nutrientes ao solo e aumentar a eficácia das técnicas mecânicas, já que controlam a água excedente escoada e retêm os sedimentos transportados, facilitando o crescimento de vegetação na área recuperada.

Figura 2.10 – Plantio Direto



Fonte: <https://blog.strider.ag/plantio-direto-pode-reduzir-em-85-infestacao-por-plantas-daninhas-no-tomate/>

Figura 2.11 – Revegetação



Fonte: <https://ghbrevegetacao.com.br/>

Figura 2.12 – Calagem



Fonte: <https://focorural.com/calagem-e-gessagem-de-solos-acidos-garantem-maior-produtividade-para-pastagens-e-graos/>

Figura 2.13 – Adubação Verde



Fonte: <https://blog.chbagro.com.br/adubacao-verde-em-culturas-perenes>

Almeida (2014) propõe técnicas compensatórias para o manejo das águas pluviais, sendo considerada uma alternativa sustentável do planejamento urbano, porém pouco difundida no Brasil. Essas técnicas têm como finalidade atingir paisagens hidrológicas funcionais com o comportamento mais próximo ao natural, pois controlam a qualidade do escoamento e não só o pico de vazões. Técnicas compensatórias associadas com o sistema de drenagem clássica minimizam custos uma vez que as obras são de menores dimensões.

Algumas das técnicas são os poços de infiltração ou reservatório de detenção que consistem em dispositivos pontuais que tem como função amortecer o pico de vazão reestabelecendo o balanço hídrico; as bacias de detenção as quais são de grandes dimensões e servem de armazenamento temporário das águas pluviais; as trincheiras de infiltração que tem como finalidade deter e infiltrar a água do escoamento superficial, sendo dispositivos lineares com pequena profundidade; os pavimentos permeáveis compostos por superfícies porosas para infiltração das águas e as valas de infiltração que concentram o fluxo de águas de áreas adjacentes proporcionando a infiltração ao longo do seu comprimento (ALMEIDA, 2014).

Em seu estudo, Almeida (2014) analisa duas áreas de estudo, UFSCar e condomínio residencial Montreal, onde foram aplicadas técnicas compensatórias. Nas figuras 2.14, 2.15, 2.16 e 2.17 é possível observar a aplicação dessas técnicas nas áreas estudadas.

Figura 2.14 - Filtro-vala-trincheira de infiltração



Fonte: Almeida (2014).

Figura 2.15 - Poço de infiltração



Fonte: Almeida (2014).

Figura 2.16 - Bacia de retenção



Fonte: Almeida (2014).

Figura 2.17 - Canal gramado



Fonte: Almeida (2014).

2.1.6 DANOS CAUSADOS POR OBRAS AO MEIO FÍSICO

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pelo despejo de sedimentos em galerias pluviais; isso se deve ao fato do baixo controle das obras em relação as perdas de solo por erosão e sistemas de drenagens ineficientes ou inexistentes, especialmente nas fases de escavação e movimentação de terras.

Segundo Rosa (2013), a implantação de uma construção afeta o solo desde o início de suas atividades, uma vez que, expõe o terreno aos processos erosivos através da retirada da vegetação natural, escavações e movimentações de terra, tráfego de veículos pesados, entre outros. Com isso, os sedimentos gerados pelos agentes erosivos podem acumular-se sobre os sistemas públicos de coleta de águas pluviais e sobre os leitos dos rios ocasionando inundações e até mesmo eutrofização dos ambientes aquáticos. Além disso, os sistemas de drenagem provisória preocupam-se somente com o não comprometimento das atividades da construção, não atentando-se a qualidade do sistema.

Algumas práticas mencionadas por Rosa (2013) para controlar os processos erosivos e os sedimentos gerados em uma construção envolvem a identificação de locais com cobertura vegetal e pavimentação que não necessitam ser retirados logo no início da obra expondo o mínimo possível de solo, delimitação do perímetro da obra para controlar os fluxos de água impedindo que saiam sem a qualidade aferida e estudo e controle do tráfego de veículos em canteiros.

Além disso, em obras de fundação como paredes diafragmas e estacas é importante conduzir o excesso de lama bentonítica, utilizada no processo de escavação, para uma bacia de sedimentação temporária antes que se disperse pelo terreno, também é necessário proteger os taludes que surgem na etapa de terraplenagem com lonas ou outro material, remoção do máximo de sedimentos antes da lavagem das vias públicas, proteção das galerias pluviais internas sendo a ligação com a rede pública a última etapa de execução para que não ocorra acúmulo de sedimentos e, por fim, realizar o paisagismo implantando cobertura vegetal (ROSA, 2013).

3. ESTUDOS DE CASO NA CIDADE DE SÃO CARLOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA CIDADE DE SÃO CARLOS

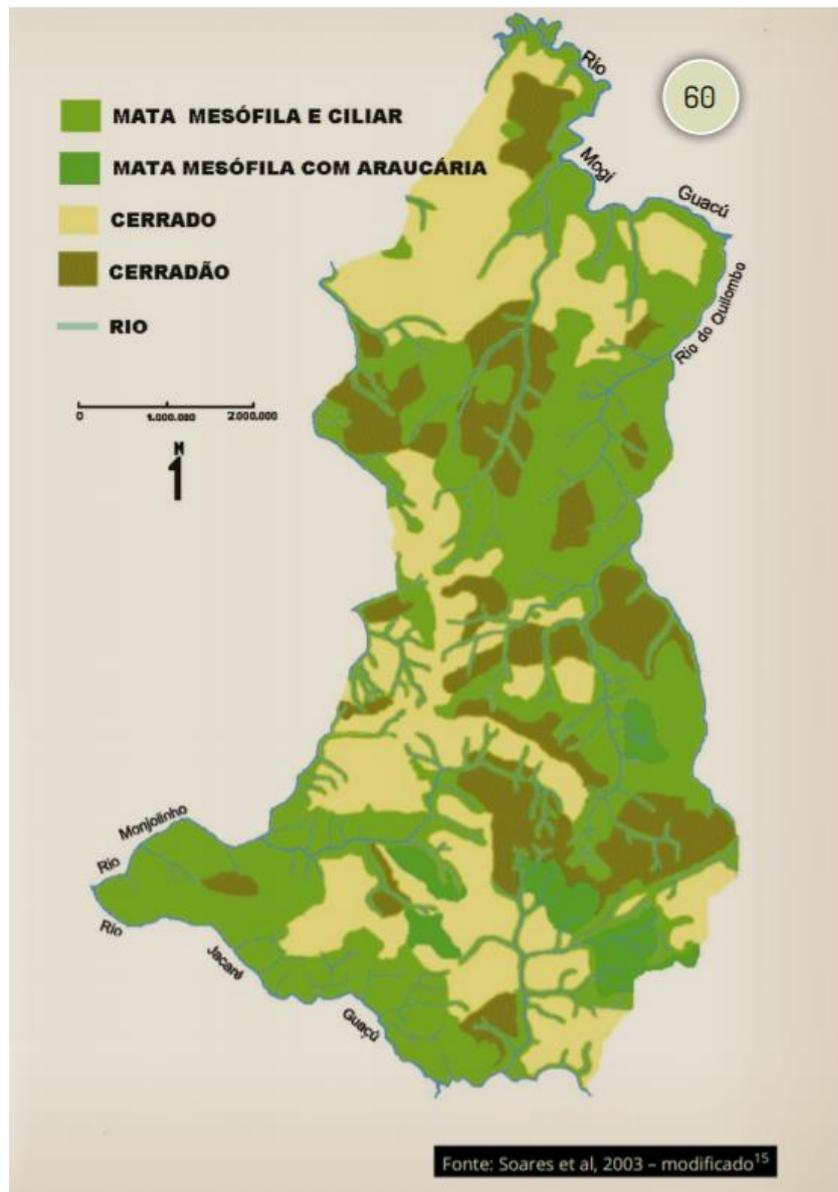
A cidade de São Carlos possui uma população total de 221.950 pessoas, sendo a população estimada para 2020 de 254.484 habitantes. Sua densidade demográfica é de 195,15 hab/km² e possui 1.136,907 km² de área territorial (IBGE, 2020). A maioria da população de São Carlos encontra-se na área urbana, mas nos primeiros 80 anos da cidade a população era predominantemente rural. A partir da década de 1930, devido à crise do café, o número de pessoas que viviam na cidade ultrapassou das que moravam no campo. A devastação da área natural começou com o plantio de café na região e com o tempo, foram introduzidas outras culturas como algodão, laranja, arroz, milho, feijão e tabaco. Já as áreas com solos mais pobres foram utilizadas principalmente para a pecuária (FREITAS; SANTOS, 2021).

O clima é classificado como tropical de altitude, ou seja, clima quente com inverno seco e verão chuvoso, sendo a temperatura do mês mais frio 18 °C e do mês mais quente 22°C. De acordo com Ross e Moroz (2011), São Carlos está localizada entre o Planalto Ocidental Paulista e a Depressão Periférica Paulista, na região do reverso da Cuesta Arenítico-basáltica. O Planalto Ocidental é caracterizado por relevo levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados; a Depressão Periférica, apresenta altitudes que variam entre 600 a 750 metros.

De acordo com Freitas e Santos (2021), são encontrados oito tipos de solos na região de São Carlos: nitossolo vermelho, latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo, argilossolo vermelho-amarelo, neossolo litólico, neossolo quartzarênico e organossolos e gleissolos háplicos. O nitossolo e latossolo vermelho possuem fertilidade alta enquanto o argilossolo e neossolo apresentam fertilidade baixa.

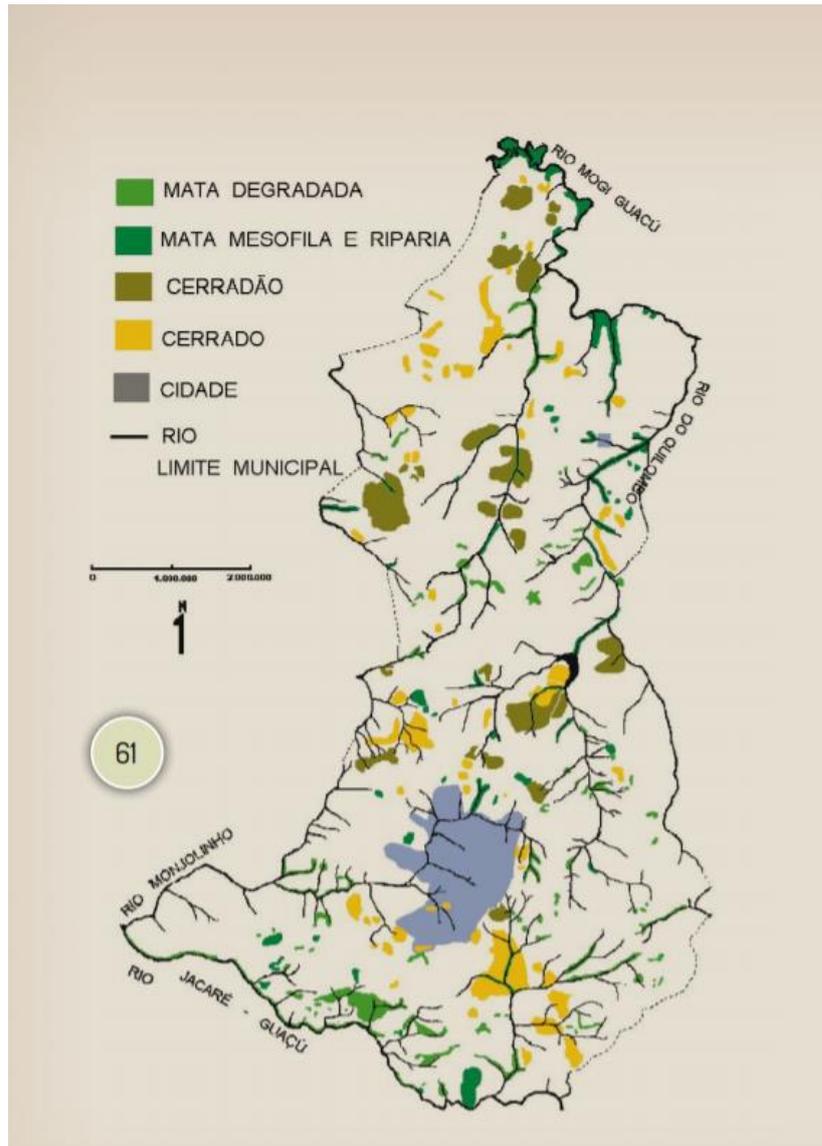
As características geológicas e climáticas de São Carlos possibilitam o desenvolvimento de diversos tipos de vegetação, entretanto é representada principalmente pelo cerrado sendo caracterizado por uma formação não florestal herbáceo-lenhosa, herbáceo-arbustiva, com árvores perenifólias. (GONÇALVES, 1986). As Figuras 3.1 e 3.2 mostram como a paisagem foi modificada durante todos esses anos, sendo que o cerrado representava 16,14% da área e hoje restou apenas 2,63% (FREITAS E SANTOS, 2021).

Figura 3.1 - Mapa da vegetação original de São Carlos



Fonte: Freitas e Santos (2021).

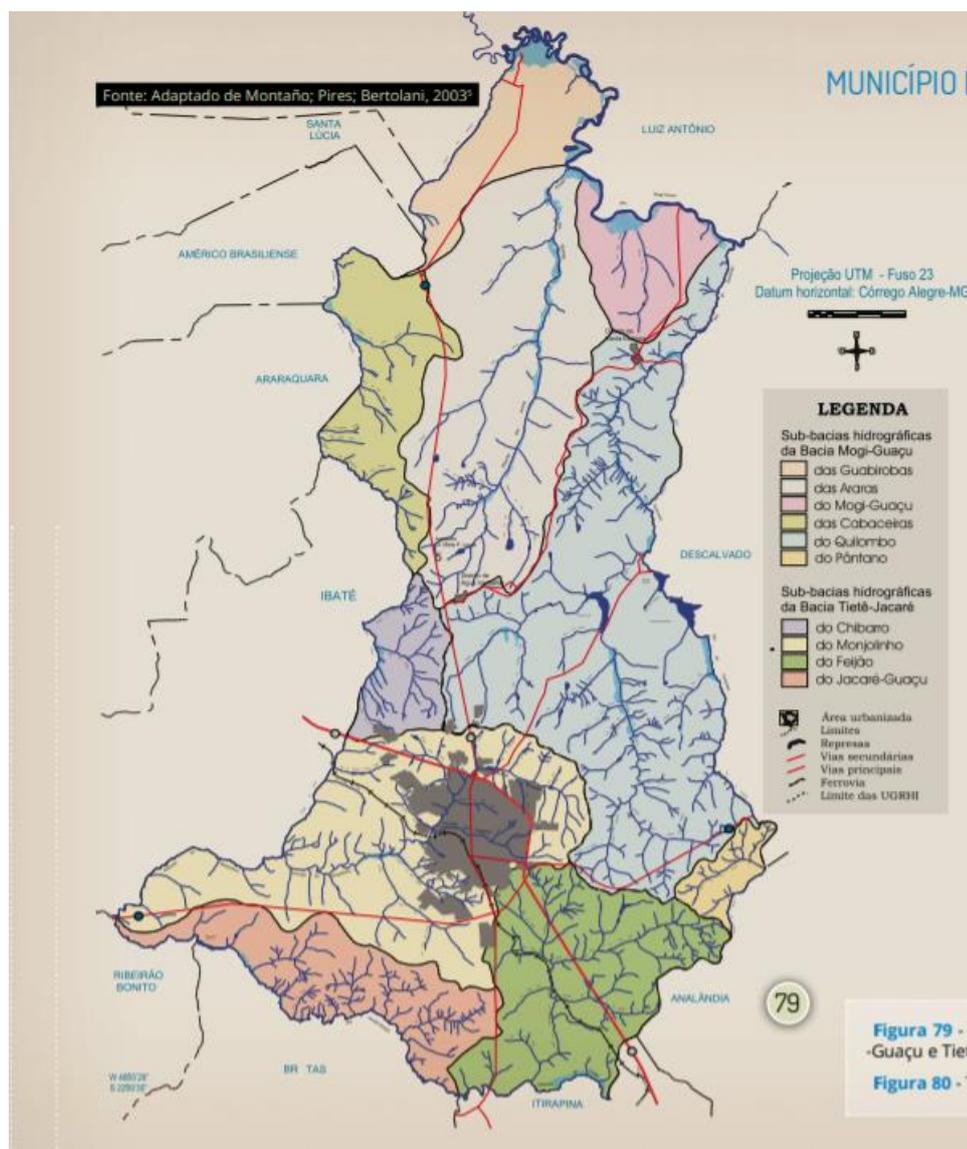
Figura 3.2 - Mapa da vegetação atual de São Carlos



Fonte: Freitas e Santos (2021).

São Carlos está localizada na Bacia do Rio Paraná, que tem como um de seus afluentes o Rio Tietê, abrangendo a Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, a Sub-bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu e a Microbacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho que drena a cidade (Figura 3.3). Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho na área urbana, as sub-bacias hidrográficas como a do Córrego do Gregório e as suas microbacias hidrográficas como as dos Córregos do Lazarini e Sorregoti. Devido ao baixo percentual de cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo inadequados, quase 72% das áreas de recarga do Aquífero Guarani que se localizam no município de São Carlos estão comprometidas (FREITAS; SANTOS, 2021).

Figura 3.3 - Mapa do Município de São Carlos com as delimitações das sub-bacias



Fonte: Freitas e Santos (2021).

3.2 PESQUISA SOBRE EROSÕES NA CIDADE DE SÃO CARLOS

Para uma caracterização dos processos erosivos existentes na área urbana de São Carlos, buscou-se revisar trabalhos realizados referentes ao tema das erosões lineares. A seguir, é apresentado um tabelamento dos casos estudados, descrevendo, de forma sucinta, sobre o local, características geotécnicas, causas e consequências das erosões e técnicas de recuperação utilizadas e sugeridas. Destaca-se que técnicas utilizadas foram aquelas realmente aplicadas nas erosões dos casos estudados e técnicas sugeridas são recomendações dos autores para solucionar o problema. Vale ressaltar, também, que

apesar dos estudos envolverem o mesmo tema, ou seja, erosões, possuem diferentes enfoques e dessa maneira foi feito um tabelamento específico para cada tipo de caso.

A erosão nas cabeceiras do Córrego do Tijuco Preto e sua recuperação foram apresentados por Anelli (2005), o qual mostra as técnicas utilizadas para a recuperação da erosão na nascente do córrego causada pelas enxurradas de um loteamento. As Figuras 3.4 e 3.5 ilustram a obra de recuperação sendo implantada, onde buscou-se implementar uma técnica sustentável, integrando técnicas de infraestrutura, mobilidade urbana e paisagismo (Quadro 1).

Quadro 1- Resumo do estudo da erosão do Córrego do Tijuco Preto

ESTUDO DE CASO 1	
AUTOR	Renato Luiz Sobral Anelli
TÍTULO DO TRABALHO	Sistema Viário e Recuperação de Recursos Hídricos (Córregos e Nascentes) em São Carlos/SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Córrego do Tijuco Preto e Monjolinho.
CAUSAS	Implantação de loteamento.
CONSEQUÊNCIAS	Área Verde tornou-se ponto de escoamento das águas pluviais, cujo volume foi ampliado pela impermeabilização do solo. As ruas canalizaram pela sua superfície as enxurradas, que, junto com a falta de uma rede de drenagem agravou o problema.
TÉCNICAS ADOTADAS	Foi projetado o taludamento das encostas, com sistemas de biomanta e plantio de vegetação para estabilização do conjunto. Nas áreas sem erosão, mais próximas às ruas, foi projetado um pequeno parque público.

Figura 3.4 - Obra de recuperação do Tijuco Preto



Fonte: Página da Prefeitura de São Carlos¹.

¹ Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias-2005/146996-construcao-do-novo-leito-recupera-corrego-tijuco-preto.html>. Acesso em: 25, abr. 2021

Figura 3.5 - Taludamento das encostas do córrego

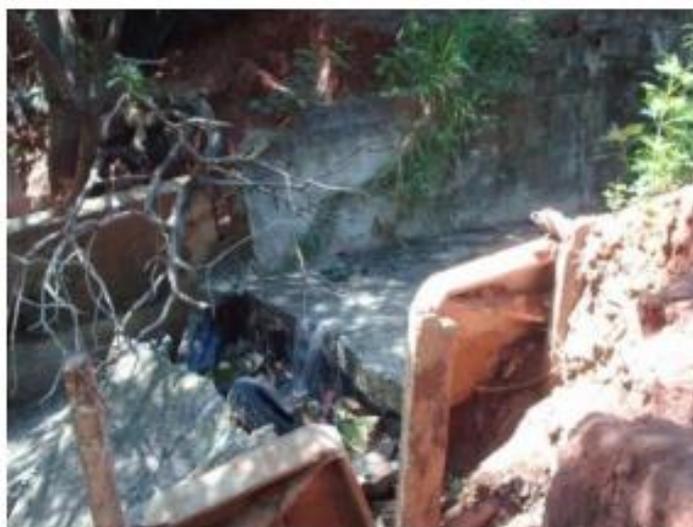


Fonte: Página da Prefeitura de São Carlos¹.

Tarpani e Brandão (2009) estudaram os pontos de principal interesse de recuperação na Bacia do Mineirinho e somado a uma análise crítica do local, elaboraram diretrizes e ações para a recuperação ambiental da bacia. A Figura 3.6 mostra uma obra de drenagem abandonada, sendo o descaso com essas obras uma das causas das erosões na Bacia (Quadro 2).

Quadro 2 – Estudo da erosão do Córrego do Mineirinho

ESTUDO DE CASO 2	
AUTORES	Raphael Ricardo Zepon Tarpani e João Luiz Boccia Brandão
TÍTULO DO TRABALHO	Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho – São Carlos/SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área da bacia	5,85 km ² .
Relevo	Acidentado.
Uso e ocupação do solo	40% de área urbanizada.
	15% da área são cobertas pela cultura de cana-de-açúcar e Pinus.
	10% da área da bacia está coberta por Pinus.
	20% da cobertura da bacia é composta por campos e/ou pastagens.
	15% da área é composta por solo exposto (terrenos baldios, praças mal consolidadas e despejos clandestinos).
	10% da área são matas ciliares que se encontram beirando os córregos e nascentes.
CAUSAS	Descaso com obras de drenagem e obras de drenagens sem utilidade.
CONSEQUÊNCIAS	Perda de solo em uma área de APP e dificuldade de crescimento de vegetação local.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Localizar as antigas obras de drenagens que não estão funcionando corretamente e aprimorá-las e delimitar áreas que possuam uma fragilidade natural para que recebam atenção especial por parte da prefeitura.

Figura 3.6 - Obra de drenagem abandonada

Fonte: Tarpani e Brandão (2009).

Eiras (2017) realizou o mapeamento de suscetibilidade a eventos perigosos para a área urbana e de expansão da cidade de São Carlos, sendo a erosão um desses eventos. Com o estudo, foi possível observar que a Bacia do Médio Monjolinho possui o maior índice de suscetibilidade a processos erosivos (Quadro 3).

Quadro 3- Resumo do estudo sobre a região com maior índice de processo erosivo

ESTUDO DE CASO 3	
AUTOR	Cahio Guimarães Seabra Eiras
TÍTULO DO TRABALHO	Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos - SP.
ANÁLISE GERAL	
Uso e ocupação do solo	75% das erosões ocorrem na área urbana e 9,1% ocorre em áreas de expansão urbana.
Relevo	As formas de encostas com maior quantidade de erosões é a coletora, pois concentram o fluxo d'água. Analisando a declividade, a faixa com o maior número de erosões é a de 10 a 18% seguida pela de 18 a 33%.
Compartimento geotécnico	Os mais favoráveis a ocorrência de erosões são Itaqueri e Botucatu e o menos propício é o Serra Geral.
BACIA COM MAIOR ÍNDICE DE PROCESSO EROSIVO	Médio monjolinho.
CAUSAS	Uso e ocupação inadequado e instalação de infraestrutura precária.

Cerminaro (2015) estudou os agentes morfológicos do solo que contribuem para a ocorrência dos processos erosivos no sítio do Manacá, localizado na sub-bacia hidrográfica do Laranja Azeda, além do manejo do local que contribui para o desencadeamento das erosões (Quadro 4).

Quadro 4 - Estudo da erosão no Sítio Manacá

ESTUDO DE CASO 4	
AUTOR	Ana Clara Cerminaro
TÍTULO DO TRABALHO	Caracterização macro e micro morfológica do solo para compreensão de processos erosivos lineares, Topossequência Manacá, São Carlos - SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Sítio Manacá localizado na Sub-bacia hidrográfica do Laranja Azeda, na bacia do Monjolinho.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Relevo	Relevo residual de topo, aplanados, limitado por escarpas erosivas.
Geomorfologia	Formação Botucatu, Formação Itaqueri e Depósitos colúvio-eluvionares.
Pedologia	Neossolo Litólico álico, neossolo quartzarênico álico e latossolo vermelho amarelo.
Vegetação	Cerradão.
Uso e ocupação	Pastagem cultivada com braquiária e pinheiros.
CAUSAS	Retirada da vegetação para plantio e pastagem e chuva intensa e prolongada.
CONSEQUÊNCIAS	Perda de solo local com redução da área de pastagem e assoreamento do córrego mais próximo.
TÉCNICAS ADOTADAS	Terraços combinados com o plantio de vegetação rasteira e lavoura de milho e feijão e construção de canaletas de drenagem dentro da voçoroca.

O estudo de caso realizado por Felício (2014) na bacia do córrego Santa Maria Madalena (ou Santa Maria do Leme) visa complementar a Lei Federal nº. 12.651 (BRASIL, 2012) que define as APPs marginais a corpos d'água para uma maior proteção ambiental e desenvolvimento das cidades fornecendo recursos para a definição de áreas prioritárias para proteção além de propor diretrizes para áreas de alta, média e baixa proteção. A Figura 3.7 mostra a prática frequente da população de plantar árvores às margens do córrego; entretanto, como o plantio não é realizado por técnicos, não ocorre um estudo e plantio de árvores nativas (Quadro 5).

Quadro 5 - Estudo de erosão na Bacia do Córrego Santa Maria Madalena

ESTUDO DE CASO 5	
AUTOR	Bruna da Cunha Felício
TÍTULO DO TRABALHO	Áreas marginais a corpos hídricos urbanos: delimitação e zoneamento ambiental.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bacia do Córrego Santa Maria Madalena, em São Carlos/SP.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área da bacia	O córrego possui 4,6 km de extensão e sua bacia hidrografia possui 10,89 km ² , abrangendo sete nascentes.
Vegetação	Cerrado, matas ciliares, áreas reflorestadas e o único fragmento de Mata Atlântica em área urbana do município.
Uso e ocupação do solo	19,09% é de uso agrícola e em sua grande maioria são plantações de cana-de-açúcar. 28,69% é de área densamente urbanizada e urbanizada.
Solo	Latosolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro, Hidromórficos e orgânicos.
CAUSAS	Área mais urbanizadas e áreas com uso agrícola. Os caminhos sem asfalto constituem importantes áreas com alto risco de erosão.
CONSEQUÊNCIAS	Empobrecimento do solo e diminuição do abastecimento de água nos reservatórios, devido ao assoreamento.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Foram propostas diversas diretrizes para cada área da bacia, uma vez que, existem áreas que precisam de uma maior proteção do que outras. Além disso, reforça-se a importância da educação ambiental, em todos os níveis.

Figura 3.7 - Plantio de árvore pela população na APP

Fonte: Felício (2014).

Pons (2006) utilizou o geoprocessamento para realizar um levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos, Através desse levantamento foi possível observar processos erosivos na micro bacia do Córrego do Água Quente e na bacia do Monjolinho (Quadro 6). No estudo realizado foi possível observar que em determinadas degradações o meio físico foi o fator condicionante mas a ocupação intensa e inadequada foram os fatores indutores das erosões. A Figura 3.8 mostra a técnica construtiva utilizada na micro bacia do córrego da Água Quente.

Quadro 6 - Estudo de regiões com maior probabilidade de processos erosivos

ESTUDO DE CASO 6	
AUTOR	Nívea Adriana Dias Pons
TÍTULO DO TRABALHO	Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos - SP, com auxílio de geoprocessamento.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bacia do rio Monjolinho.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área total	160km ² .
Formações geológicas	Serra Geral e Botucatu, pertencentes ao Grupo São Bento e a Formação Itaqueri do Grupo Bauru.
Relevo	Morros suaves, platôs, vales abertos, morrotes com topo arredondado, encostas íngremes.
Uso e ocupação do solo	Culturas perenes (café, citrus), culturas anuais (milho, soja, horticulturas), cana-de-açúcar, silvicultura ou reflorestamento (eucalipto e pinus), vegetação nativa (mata, cerrado), pasto ou áreas não cultivadas, área residencial ou industrial, área de mineração.
ÁREA 1: MICRO BACIA DO CÓRREGO DO ÁGUA QUENTE	
CAUSAS	Exposição dos solos arenosos devido ao desmatamento inadequado somados à ação de chuvas fortes e as altas declividades observadas.
TÉCNICAS UTILIZADAS	Construção de dissipador de energia e obras de drenagem além do isolamento da área para recuperação da vegetação.
ÁREA 2: BACIA DO MOJOLINHO	
CAUSAS	Tipo do material inconsolidado (Arenoso III), presente na região do loteamento residencial, além da alta declividade, ausência de vegetação e alta velocidade do fluxo de águas pluviais.
TÉCNICAS UTILIZADAS	Obras de drenagem.

Figura 3.8 - Dissipador de energia construído no Córrego da Água Quente



Fonte: Pons (2006).

O estudo realizado por Cavalcante (2013) buscou caracterizar a bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão com relação à estimativa de perda de solo, zoneamento de vulnerabilidade ambiental e delimitação das APPs e concluiu que as áreas com maior risco de erosão são as áreas de solo exposto, culturas de laranja e cana-se-açúcar além do que áreas vegetadas atenuam a erosão. Desse modo, conclui que a recuperação de APPs e utilização de práticas conservacionistas são de extrema importância para a conservação do solo e dos recursos hídricos (Quadro 7).

Quadro 7 - Estudo sobre recuperação de APPS e sua relação com as erosões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão

ESTUDO DE CASO 7	
AUTOR	Tatiane Dias Maria Cavalcante
TÍTULO DO TRABALHO	Área de Preservação Permanente e erosão do solo, em bacia hidrográfica de manancial urbano. Estudo do caso do Ribeirão do Feijão, São Carlos - SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bacia hidrográfica do Ribeirão do feijão.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	22.270 hectares.
Vegetação	Vegetação predominante é o Cerrado com ocorrência de matas de morros e matas galerias no ribeirão.
Relevo	Relevo de Cuestas, caracterizado por terrenos sedimentares e por uma região chamada de "front", onde o relevo é muito íngreme; e o reverso, onde o terreno é mais plano e inclinado.
Solo	Areia quartzosa e Latossolo Vermelho Amarelo.
Uso e ocupação do solo	38% áreas de pasto.
	13% agricultura de laranja.
	12% solo exposto.
	15% cerradão e mata ciliar.
	3,05% cana-de-açúcar.
	10% zonas de reflorestamento.
4% áreas urbanas.	
CAUSAS	75% da área total da bacia possui solo com alta erodibilidade, 25% da bacia apresenta uso do solo com cultivo de laranja e solo exposto e alto valor anual de erosão pela chuva.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Adoção de boas práticas de manejo, com o plantio de leguminosas, em consórcio com gramíneas, que melhoram a qualidade da forragem para o gado, além de fornecer nitrogênio e rotação de pastos; pasto com alta produtividade, para produzir mais em uma área menor, e o não uso de fogo.

Tão et al. (2017) analisaram o impacto do transporte de resíduos sólidos pelo escoamento pluvial sobre os recursos hídricos. Nas regiões de encosta, desprovidas de vegetação, partículas são carregadas para os rios ocasionando assoreamento, além do que os pontos de alta declividade não são adequados para depósito de resíduos pois são facilmente escoados. As Figuras 3.9, 3.10 e 3.11 mostram as técnicas existentes no local, sendo as três dissipadores de energias, entretanto com formas diferentes (Quadro 8).

Quadro 8 - Estudo sobre gestão de resíduos sólidos e seu impacto em recursos hídricos

ESTUDO DE CASO 8	
AUTORES	Nícolas Guerra Rodrigues Tão, Raimunda Gomes Silva Soares, Alexandre da Silva Faustino e Luís Eduardo Moschini
TÍTULO DO TRABALHO	Drenagem e resíduos em área urbana: propostas para a proteção de duas nascentes em São Carlos - SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bairros Parque Residencial Douradinho, São Rafael e Jardim Tangará.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Formações geológicas	Serra Geral e Formação Marília.
Solo	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro, Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa Estruturada, Areia Quartzosas Profundas, solos litólicos e Solos Hidromórficos.
Uso e ocupação do solo no entorno	Pastagem, solo exposto e agricultura.
CAUSAS	Consolidação de loteamento circundando Áreas de Preservação Permanente (APP), onde estão localizadas as nascentes do córrego São Rafael e córrego Douradinho.
CONSEQUÊNCIAS	Desprendimento de materiais das encostas desprotegidas de vegetação que são carregados para os rios e córregos, gerando assoreamento.
TÉCNICAS UTILIZADAS	Dissipadores de energia e desvio do lançamento das águas pluviais anteriormente dispostas sobre a nascente.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Projetos de drenagem de água pluvial, como a construção de dissipadores de energia, pavimentos permeáveis, bacias de retenção e detenção e galerias de águas pluviais além da recomposição da vegetação ciliar.

Figura 3.9 - Dissipador de energia em forma de escada



Fonte: Tão, Soares, Faustino e Moschini (2017).

Figura 3.10 - Dissipador de energia



Fonte: Tão, Soares, Faustino e Moschini (2017).

Figura 3.11 - Dissipador de energia



Fonte: Tão, Soares, Faustino e Moschini (2017).

4. CASOS ESTUDADOS DE OUTRAS REGIÕES

Para os estudos de caso de outras regiões foi feito um tabelamento similar ao realizado para os casos de São Carlos, entretanto não será feito um levantamento mais profundo das características de cada cidade devido a quantidade de casos.

A caracterização dos fatores naturais e antrópicos em Uberaba – MG, na área urbana da bacia do córrego Campo Alegre foi estudada por Silva (2007). O estudo teve como finalidade propor técnicas para amenizar os impactos e gerenciar melhor a ocupação da área a partir de dados estatísticos e fotográficos da evolução da ação antrópica somados as características físicas do solo (Quadro 9). A Figura 4.1 mostra uma técnica sugerida pelo autor para áreas inclinadas susceptíveis à erosão.

Quadro 9 - Estudo sobre fatores naturais e antrópicos responsáveis pela erosão acelerada em Uberlândia - MG

ESTUDO DE CASO 1	
AUTOR	Antônio Mariano da Silva
TÍTULO DO TRABALHO	Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do córrego Campo Alegre.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bacia do córrego Campo Alegre. Bairros São Jorge e Laranjeiras em Uberlândia - MG.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	2,7 km ²
Unidades geológicas	Formação Marília
Relevo	Topo plano e amplos vales espaçados entre si.
Tipo de solo	Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico e Latossolo Vermelho-Ácrico.
Vegetação	Cerrado entrecortado por veredas.
Uso do solo	Pastagem, edifícios residenciais, comerciais e reflorestamento.
CAUSAS	Desmatamento, criação de gado, aterros, queimadas, despejo de esgoto residencial, além do modelo urbanístico das ruas e avenidas dos bairros São Jorge e Laranjeiras que direcionam toda a água pluvial para a área de vereda do córrego Campo Alegre.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Despejo de terra e entulho de material de construção civil na voçoroca.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Desviar toda a água pluvial que é direcionada ao córrego, construindo uma galeria pluvial e o novo deságue ser direto no rio Uberabinha, pois o seu volume e suas dimensões são superiores à do Córrego Campo Alegre, além da hidrossemeadura em taludes ou superfícies inclinadas. Também é proposto transformar esta Zona de Preservação Total (ZPT) em Parque Linear e em área verde para a população.

Figura 4.1 - Talude com aplicação de hidrossemeadura



Fonte: Silva (2007).

Faria (2008), em seu estudo, comparou o cadastro de erosões em 1993 e 2002 no município de Goiânia – GO, e foi possível observar que houve um aumento de 42 para 63 focos erosivos o que mostra que o processo de ocupação do território ainda está sendo feito de forma irregular sem práticas preventivas. Goiânia não apresenta características físicas que induzem o desenvolvimento de erosões comprovando que os processos erosivos decorrem principalmente da ocupação desordenada e do tratamento oferecidos nas erosões existentes (Quadro 10). O principal problema do município é o sistema de drenagem onde as tubulações são subdimensionadas, como apresentado na Figura 4.2, o lançamento das águas pluviais são feitos em áreas de cabeceira de drenagem e a meia encosta e falta de monitoramento e assistência técnica, como apresentado na Figura 4.3.

Quadro 10 – Estudo sobre o impacto antrópico nas erosões em Goiânia - GO

ESTUDO DE CASO 2	
AUTOR	Karla Maria Silva de Faria
TÍTULO DO TRABALHO	Processos erosivos lineares no município de Goiânia - Goiás.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Município de Goiânia
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	739 km ²
Unidades geológicas com maior % de erosões	Grupo Araxá e complexo granulítico Anápolis-Itauçu.
Relevo	Plano
Tipo de solo com maior % de erosões	Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo.
CAUSAS	Subdimensionamento das tubulações de drenagem, lançamento das águas pluviais a meia encosta, falta de monitoramento e assistência técnica dos sistemas existentes, escoamento concentrado das águas pluviais não captadas por sistema de drenagem.
CONSEQUÊNCIAS	Danos à infraestrutura pública e a propriedades particulares.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Uso entulhos de origens diversas (lixo doméstico, industrial, restos de podas de árvores, resíduos de construção civil), obras de drenagem e geotecnias como curvas de nível, gabiões, dissipadores de energia, rampa de concreto, instalação de galerias de água pluvial.

Figura 4.2 - Subdimensionamento da rede de drenagem



Fonte: Faria (2007).

Figura 4.3 - Galeria de água pluvial inacabada



Fonte: Faria (2007).

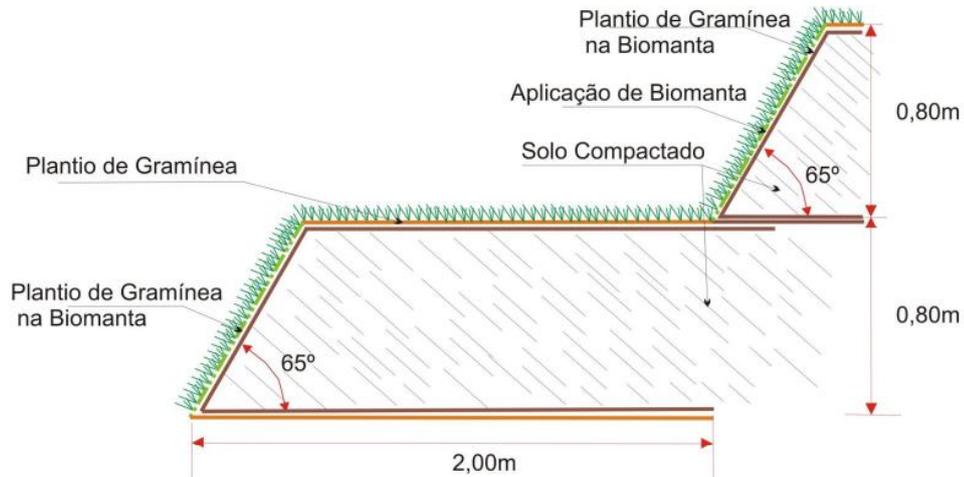
Costa et al. (2007) propuseram algumas técnicas de recuperação de erosões em Goiânia – GO, a partir de medidas mitigatórias como retirada de resquícios de edificações para posterior plantio de mudas e construções de canaletas com degraus que conduzirão as águas até caixas de infiltração e métodos de bioengenharia como a instalação de mantas vegetais junto com estacas vivas visando chegar o mais próximo do ambiente natural antes da antropização. As Figuras 4.4 e 4.5 mostram o croqui de implantação das biomantas.

Destaca-se que a retirada da cobertura vegetal e ocupação e uso inadequado do solo foram os fatores que desencadearam os impactos negativos (Quadro 11).

Quadro 11 – Resumo do estudo de caso em Goiânia com propostas de recuperação de áreas degradadas no córrego Água Branca - Goiânia - GO

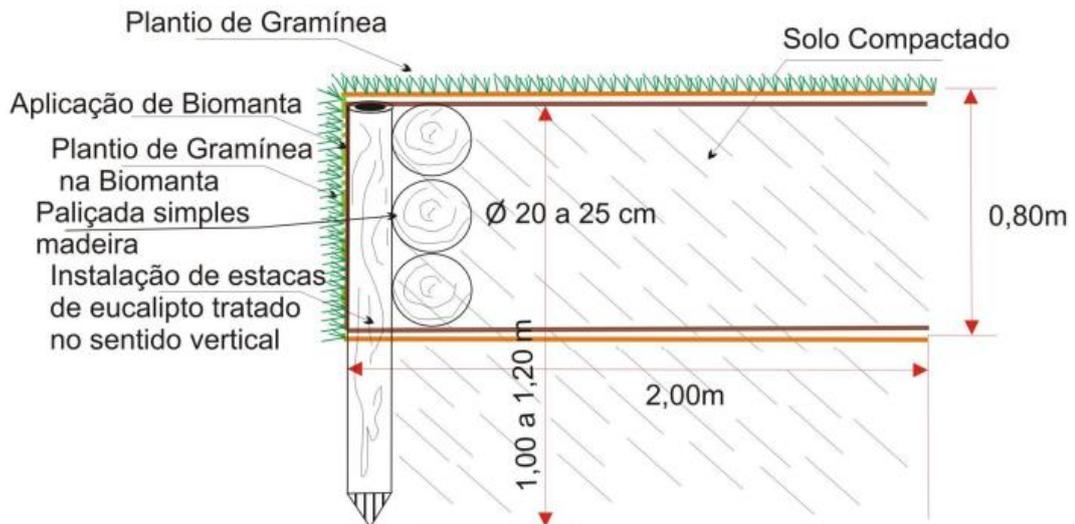
ESTUDO DE CASO 3	
AUTORES	Kênia Gonçalves Costa, Luciano Roberto P. Lozi, Gerson L. Rockenbach e Antônio Esteves dos Reis.
TÍTULO DO TRABALHO	Alternativas de recuperação de áreas degradadas urbanas: um estudo de caso da nascente do córrego Água Branca - Goiânia, Goiás.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Trecho inicial do curso de água do córrego Água Branca.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Formações geológicas	Grupo Araxá e Depósitos Aluvionares do Quaternário.
Relevo	Relevos mediamente dissecados em formas convexas, associadas às formas tabulares amplas, com drenagens pouco entalhada.
Tipo de solo	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.
Vegetação	Cerrado, floresta Estacional Semidecidual, mata de transição e mata de galeria.
Uso e ocupação do solo	Duplo emissário da rede de água pluvial, abrangendo presença de esgotos e resíduos urbanos, aterro para implantação da rede pluvial, restos dos materiais provenientes das primeiras desocupações realizadas, residências que ainda estão sendo ocupadas dentro da área de proteção.
CAUSAS	Declividade, pavimentação de área urbana na bacia de captação (margem direita), ocupação das áreas por aglomeração de casas e rede pluvial abandonada (margem esquerda) e canalização parcial do córrego no trecho final da área de estudo.
TÉCNICAS PROPOSTAS	Retirada completa dos resquícios das edificações, para um preparo adequado do solo com o plantio de mudas da vegetação ciliar, construção de canaletas com degraus na bacia de captação para dissipar energia, instalação de mantas vegetais associadas com estacas vivas, recomposição da vegetação nos taludes

Figura 4.4 - Implantação das biomantas e plantio de gramíneas nos taludes



Fonte: Costa, Lozi, Rockenback e Reis (2007).

Figura 4.5 - Implantação das paliçadas nos taludes finais



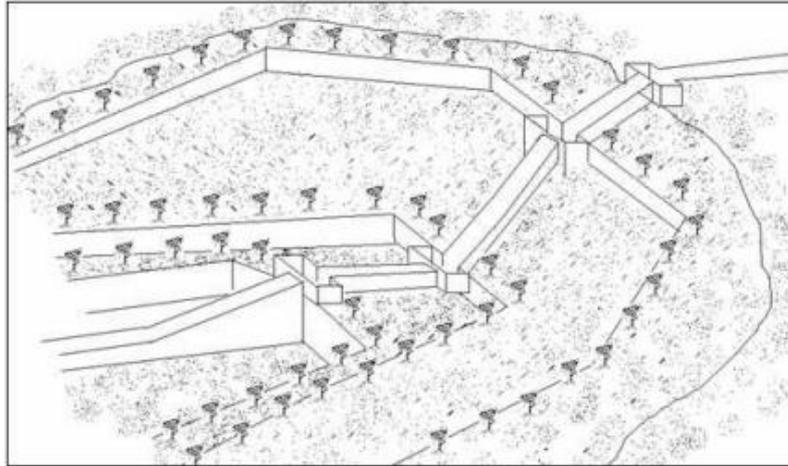
Fonte: Costa, Lozi, Rockenback e Reis (2007).

Em seu estudo realizado em Açailândia – MA, Castro (2018) apresenta propostas para cada área analisada, que englobam desde engenharia pesada até plantio de gramíneas e leguminosas cuja finalidade é ser eficaz, mas diminuindo custo da obra visto que, hoje em dia, o alto custo das contenções das erosões são um grande problema. As Figuras 4.6, 4.7 e 4.8 ilustram algumas das técnicas propostas pelo autor (Quadro 12).

Quadro 12 – Resumo das propostas de recuperação para as áreas em Açailândia - MA

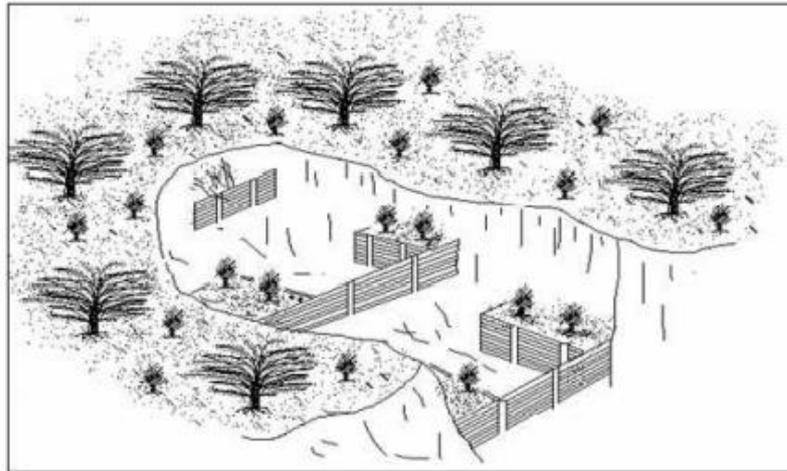
ESTUDO DE CASO 4	
AUTOR	Raifran Abidimar de Castro
TÍTULO DO TRABALHO	Propostas de Contenção/recuperação da Erosão do Bairro Jacu, Açailândia – MA.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Bairro Jacu.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Formações geológicas	Formações Itapecurú e Grupo Barreias.
Tipo de solo	Latosolos e argissolos.
CAUSAS	Topografia irregular, composição geológica de formação sedimentar, chuvas concentradas de inverno, aprofundamento dos canais abertos pelo esgoto a céu aberto e orientação inadequada dos cortes das ruas.
CONSEQUÊNCIAS	Derrubada de casas e destruição de ruas.
TÉCNICAS PROPOSTAS	
Área 1	Disciplinamento do principal fluxo de águas pluviais, utilizando canaletas abertas e caixas de passagem que diminuem a força das águas no momento da decida dos degraus associado a implantação de cobertura vegetal.
Área 2	Construção de uma canaleta para disciplinamento do principal fluxo pluvial e de esgoto, complementando-se com a construção de caixas de passagem. Implantação de uma estrutura de suavização dos taludes, com barreiras e concreto e para a proteção dos taludes recomenda-se a implantação de gramíneas para cobertura e alguma leguminosa para a proteção das bases.
Área 3	Construção de pequenas barreiras, através de troncos de eucalipto para o disciplinamento do fluxo principal e para a captação de partículas de solos arrastadas. Nas bases dos taludes laterais, recomenda-se a construção de estruturas no formato de caixas para depósito de solo e implantação de vegetação.
Área 4	Fixação de barreiras para a captação das partículas de solo arrastadas, utilizando sacos de solos cimento. Para o controle dos solapamentos de taludes, deve-se utilizar barreiras de troncos de árvores, principalmente eucalipto, além de proteção vegetal em todo o percurso da vertente utilizando bambus e leguminosas.
Área 5	Construção de pequenas barreiras de captação de partículas utilizando troncos de bambu e para completar a proteção e controlar o arraste de partículas deve-se utilizar bambu, feijão guandu e uma gramínea.
Área 6	Construção de canaletas e caixas de passagem, para o disciplinamento do principal fluxo, além disso, deve-se complementar esta construção com a implantação de guandu nas bases dos taludes construídos e de bambu na área superior, para proteção do solo.
Área 7	Área com bastante acidez, portanto deve-se primeiramente diminuir a acidez do solo para uma posterior implantação de vegetação. Recomenda utilização de cobertura morta. Recomenda construção de barreira de contenção na base desta área e plantação de gramíneas e leguminosas em toda vertente.

Figura 4.6 - Disciplinamento do fluxo através de canaletas e caixas de passagem



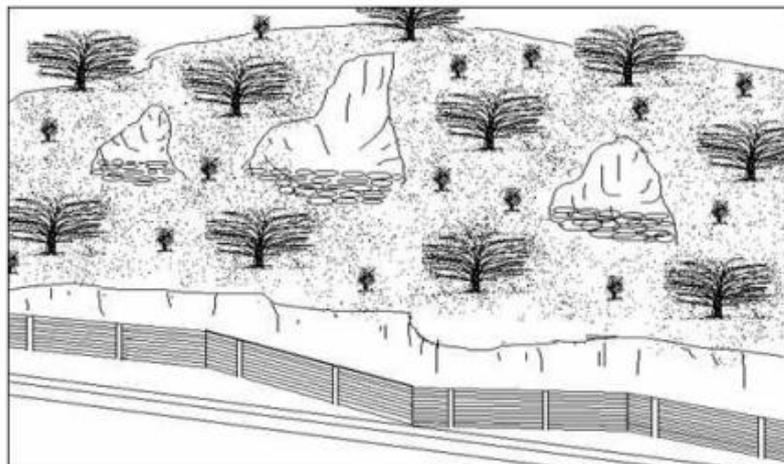
Fonte: Castro (2018).

Figura 4.7 - Construção de barreiras através de troncos de eucalipto



Fonte: Castro (2018).

Figura 4.8 - Utilização de sacos de solo cimento para captação das partículas de solo arrastadas



Fonte: Castro (2018).

Oliveira e Dutra (2019) analisaram processos erosivos em Anápolis-GO, que estão preocupando os moradores da região, uma vez que, atingiu o asfalto e avançou até casas mais próximas. Já foram realizadas obra de contenção entretanto não obtiveram sucesso. A Figura 4.9 mostra uma nova obra iniciada na tentativa de resolver o problema (Quadro 13).

Quadro 13 – Estudo de grande erosão urbana com técnicas adotadas, Anápolis - GO

ESTUDO DE CASO 5	
AUTORES	Letícia da Silva Oliveira e Marlon Marcos Caetano Dutra
TÍTULO DO TRABALHO	Erosões urbanas e antropização: estudo de caso na Vila Formosa III, Anápolis-GO.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Avenida Federal no bairro Vila Formosa.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Relevo	Ondulado.
Clima	Tropical.
CAUSAS	Impermeabilização, drenagem executada de forma ineficiente, retirada da cobertura vegetal, lixo acumulado pelos moradores na própria erosão e chuva.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Muro de arrimo e cobertura vegetal, que não foram suficientes, então realizaram a instalação drenos nas encostas e bueiros duplos, além de gabião para dissipar energia.

Figura 4.9 - Execução de gabião



Fonte: Oliveira e Dutra (2019).

O estudo realizado por Brito (2012) no Distrito Federal mostra o aumento da demanda de recurso hídrico devido a grande quantidade de condomínios os quais surgiram

do parcelamento irregular do solo. Apesar de ser uma oportunidade de moradia, a falta de planejamento na implantação dos condomínios acarretaram vários impactos ambientais. Nas regiões analisadas, em sua maioria, são áreas com loteamentos irregulares, impermeabilização excessiva e lançamento e captação irregular de águas pluviais. A Figura 4.10 mostra uma obra subdimensionada que não suportou o volume de água (Quadro 14).

Quadro 14 – Resumo das causas e soluções propostas para as erosões no Distrito Federal

ESTUDO DE CASO 6	
AUTOR	Annanery de Oliveira Brito
TÍTULO DO TRABALHO	Estudo da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Distrito Federal.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Clima	Período de seca prolongado, com predominância de baixos índices de umidade relativa do ar e redução acentuada das chuvas.
Bacias hidrográficas	São Francisco (Rio Preto), Tocantins/Araguaia (Rio Maranhão) e Paraná (rios São Bartolomeu e Descoberto).
Relevo	Superfícies planas e elevadas.
Compartimentos geomorfológicos	Planalto, planos intermediários e planícies.
Vegetação	Cerradão, cerrado típico, campo limpo, campo sujo.
Solo	Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo.
CAUSAS	A maioria surgiu por meio de ações antrópicas, principalmente relacionado a problemas com o sistema de captação de águas pluviais e ausência de vegetação. Áreas com loteamentos irregulares, lançamento irregular de águas pluviais e impermeabilização excessiva.
CONSEQUÊNCIAS	Assoreamento dos cursos d'água, à imposição de riscos e prejuízos às populações que vivem e utilizam as suas bordas e interiores.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Intercâmbio coordenado entre gestão e planejamento, diagnóstico ambiental envolvendo a sociedade e Governo, revitalização das áreas degradadas próximo às matas ciliares, construção de Agenda 21 Local, campanhas e palestras educativas nas referidas áreas, mapeamento das áreas mais críticas para traçar metas a médio e longo prazo buscando sua recuperação, proteção e recuperação da vegetação nativa próximo aos córregos, intensificar as campanhas com atividade de educação ambiental para os moradores das áreas emblemáticas, evidenciar a importância da manutenção e preservação dos serviços ambientais, ação e fiscalização dos agentes dos órgãos competentes: IBAMA, SEMARH, CAESB, reestruturar e propor a regularização das áreas que se encontram em conflitos.

Figura 4.10 - Obra de captação de água pluvial que não suportou o volume de água



Fonte: Brito (2012).

Santos, Carneiro e Pedrosa (2019) enfatizam que apesar da erosão ser um processo natural, as atividades antrópicas fazem com que processos erosivos lineares evoluam de maneira rápida para feições do tipo voçorocas. No estudo de caso realizado em Anápolis - GO, um dos grandes aceleradores do processo erosivo na região foi a instalação da infraestrutura da linha férrea (DAIA). Já foram tomadas algumas medidas para diminuir a energia cinética da água pluvial na saída da galeria como pode ser visto nas Figuras 4.11 e 4.12, entretanto não foram suficientes e ações recuperativas com base na engenharia (Figura 4.13) estão sendo aplicadas (Quadro 15).

Quadro 15 – Estudo sobre as consequências da implantação de linha férrea e soluções adotadas para recuperação da erosão no DAIA em Anápolis - GO

ESTUDO DE CASO 7	
AUTORES	Danielly Fagundes dos Santos, Vandervilson Alves Carneiro e Laurindo Elias Pedrosa
TÍTULO DO TRABALHO	Estudo preliminar de processos erosivos lineares nas proximidades da ferrovia norte-sul no Distrito Agroindustrial de Anápolis - Daia (GO).
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Ferrovia Norte-Sul no DAIA.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Clima	Tropical.
Relevo	Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba.
Compartimentos geomorfológicos	Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, Grupo Araxá, Coberturas Detrito-Lateríticas e Depósitos Aluvionares.
Vegetação	Cerrado.
Solo	Latosolos.
CAUSAS	A infraestrutura e as instalações do DAIA fizeram com que a pluviosidade caísse e escoasse pelos arruamentos, galerias, terrenos descampados e trilhas de gado.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Inicialmente, na saída da galeria, foram inseridos uma dentição de concreto com o propósito de romper a energia cinética da água pluvial, além de uma barreira de gnaisses que não foram capazes de conter a erosão. Posteriormente, foi feito um preparo inicial de engenharia com aparas e lineamentos das bordas da Voçoroca e posterior aterramento e instalação de degraus com pedras amarradas e coberta por tela de gabião para fixá-las, além de caixas de contenção.

Figura 4.11 - Galeria com dentição de concreto



Fonte: Santos, Carneiro e Pedrosa (2019).

Figura 4.12 - Barreira de blocos de gnaiss



Fonte: Santos, Carneiro e Pedrosa (2019).

Figura 4.13 - Lineamentos das bordas da Voçoroca, aterramento e instalação de degraus com pedras amarradas, cobertas por tela de gabião para fixá-las e caixas de contenção



Fonte: Santos, Carneiro e Pedrosa (2019).

A dificuldade do poder público em conter erosões lineares somada a expansão urbana torna a questão das erosões no município de Franca – SP, cada vez mais delicada, segundo Megda (2011). Para ele, somente a utilização de técnicas mais modernas e um plano de contenção adequado para cada voçoroca trará resultados positivos (Quadro 16).

Quadro 16 – Resumo do estudo de casos de erosões no município de Franca - SP

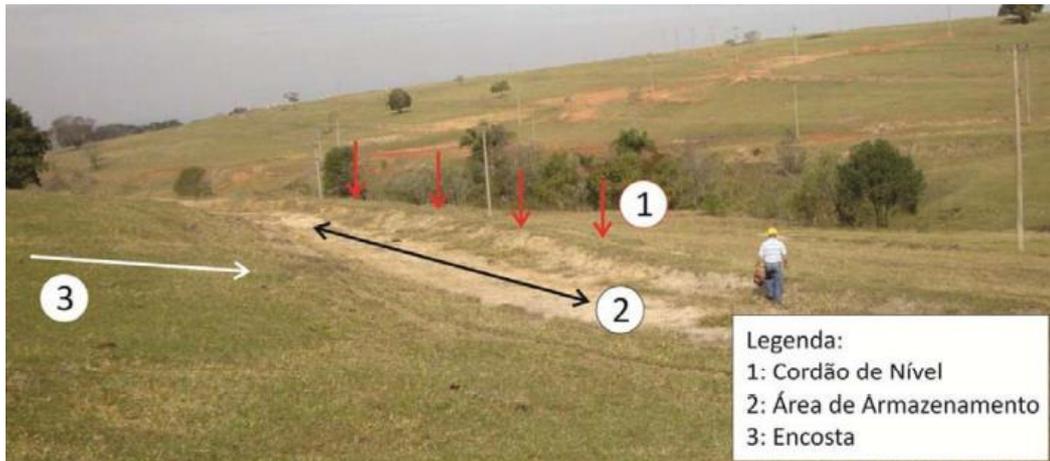
ESTUDO DE CASO 8	
AUTOR	Otávio Reis Megda
TÍTULO DO TRABALHO	Impactos das erosões aceleradas em meio urbano: o caso do município de Franca - São Paulo.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Franca.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	228,63 km ²
Relevo	Planalto arenítico-basáltico. Relevo suave ondulado, limitado pela serra de Franca a leste.
Solo	Nas áreas de latossolo roxo encontram-se ravinas e as áreas de latossolo vermelho-amarelas abrigam as voçorocas.
CAUSAS	Urbanização, ocupação rápida e desordenada e impactos antrópicos.
CONSEQUÊNCIAS	Forte impacto nos recursos hídricos, dentre eles assoreamento e enchentes, causando sérios problemas e prejuízos econômicos à população e ao poder público local.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Instalação de sistema de drenagem e aterro parcial, recomposição natural da vegetação e instalação de muro para contenção, implantação de área de recreação populacional, desvio de escoamento hídrico em direção à cabeceira, construção de barragem com terra.

Rotta (2012), em seu estudo, analisou a eficiência das medidas adotadas nas áreas estudadas em São Pedro – SP, e chegou à conclusão que as técnicas não atingiram seus objetivos pois não consideraram os aspectos geológicos-geotécnicos e características hidrológicas, além de não considerar o uso do solo posterior implantação das medidas. Verificou-se também que em alguns casos as medidas eram inadequadas e sem manutenção. As Figuras 4.14, 4.15 e 4.16 mostram algumas das técnicas utilizadas nas áreas degradadas (Quadro 17).

Quadro 17 – Resumo dos processos erosivos no município de São Pedro - SP

ESTUDO DE CASO 9	
AUTOR	Cláudia Marisse dos Santos Rotta
TÍTULO DO TRABALHO	Estudo da recuperação de áreas degradadas por processos erosivos: procedimentos e eficiência dos métodos.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	São Pedro.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Zonas geomorfológicas	Planalto Ocidental, Cuestas Basálticas e Depressão Periférica.
Formações geológicas	Formação Itaqueri, Formação Serra Geral, Formação Botucatu e Formação Pirambóia.
CAUSAS	Área 1: Tentativa de implantação de um loteamento no local, que envolveu a construção de itens de infraestrutura como ruas, rede de energia, obras pluviais e de abastecimento, mas essa atividade foi interrompida dando lugar a criação de gado, com cobertura do solo por pastagens.
	Área 2: inicialmente a área era coberta por pastagens, envolvendo uma etapa de desmatamento, que somada à ação de pisoteamento do solo e surgimento de trilhas de gados contribuíram para a erosão. Depois de um tempo a área passou a ser ocupada por áreas urbanas.
	Área 3: 3 iniciou-se com o desmatamento e recobrimento do solo por pastagens e posteriormente a área passou a ser loteada para construção de pousadas.
	Área 4: Desmatamento para posterior implantação de pastagem que foi substituída pela plantação de eucalipto.
SOLUÇÕES ADOADAS	Área 1: Cobertura com pastagem associada à construção de cordões em nível e diques ou barreiras de proteção, além disso, foram utilizados blocos de rochas, muro de contenção e cordão de nível nas saídas de tubulações do sistema de drenagem.
	Área 2: quando o uso do solo ainda era a pastagem, foram utilizados cordões de nível ao longo das encostas. Posteriormente houve o aterramento, reflorestamento e construção de cordões de nível. Também houve a plantação de pinus e construção de barragem.
	Área 3: aterramento e cobertura vegetal, além de barreira de proteção com o próprio solo local.
	Área 4: Barreira de galhos e depressões no solo.

Figura 4.14 - Cordão de nível



Fonte: Rotta (2012).

Figura 4.15 - Dique ou barreira de proteção



Fonte: Rotta (2012).

Figura 4.16 - Muro de contenção na saída de tubulação



Fonte: Rotta (2012).

Com o objetivo de recuperar uma área em Piratininga - SP com estágio avançado de erosão, Rezende et. al (2015), adotaram algumas técnicas de caráter mecânico e vegetativo e concluíram que foram eficientes na recuperação da fertilidade do solo e no controle da erosão, entretanto, o terraceamento necessita de retificação anual para manter sua eficiência o que comprova a importância da manutenção para combater de fato os processos erosivos (Quadro 18).

Quadro 18 – Estudo das causas e técnicas adotadas para recuperação de erosão em um assentamento de reforma agrária em Piratininga - SP

ESTUDO DE CASO 10	
AUTORES	Renan Estevão Cândia Rezende, Rafael Virginio Santos, Kelly Cristina Tonello, Jonas Pereira Silva, Roberta Cristina Silva, Fernando Silveira Franco.
TÍTULO DO TRABALHO	Recuperação de área degradada por erosão hídrica em um Argissolo Vermelho Amarelo em assentamento de reforma agrária no grupo sedimentar do Arenito Bauru.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Assentamento Santo Antonio em Piratininga, SP.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Unidades geológicas	Grupo sedimentar arenito Bauru, Formação Marília.
Relevo	Contraste topográfico entre morros e colinas e a declividade no local da erosão oscila entre 6-20%.
Tipo de solo	Argissolo Vermelho Amarelo.
Vegetação	Transição entre cerrado Bauruense e Floresta tropical mesófila.
CAUSAS	Plantio de mandioca sem terraceamento recebendo o lançante do escoamento superficial oriundo das caixas de contenções da estrada.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Terraceamento, calagem e plantio de adubos verdes consorciado com espécies anuais.

Nobre e Collares (2009) apresentaram em seu estudo em São Sebastião do Paraíso –MG, uma proposta de recomposição de erosão, onde inicialmente propuseram a utilização de biomanta na estabilização dos taludes, mas devido à cobertura vegetativa natural que possibilitou considerável estabilidade do substrato, não foi necessária a biomanta (Quadro 19).

Quadro 19 – Resumo do estudo sobre erosão realizado no município de São Sebastião do Paraíso - MG

ESTUDO DE CASO 11	
AUTORES	Márcio Vieira Nobre e Eduardo Goulart Collares
TÍTULO DO TRABALHO	Recuperação de uma área degradada por erosão e disposição de resíduos sólidos na comunidade de Guardinha - município de São Sebastião do Paraíso (MG).
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Comunidade rural no município de São Sebastião do Paraíso (MG).
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	1.200 m ² .
Uso e ocupação do solo	Desenvolvimento de atividades como produção de café e leite, além de um setor comercial formado por mercadinhos, açougues, posto de combustíveis e algumas lojas de confecções.
CAUSAS	Área foi usada para disposição dos resíduos sólidos urbanos durante uma década.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Remodelamento dos taludes e das áreas adjacentes. Foi feita uma correção no terreno e construído dois terraços. O primeiro foi construído na cabeceira da voçoroca para desviar a enxurrada e o segundo foi construído no fundo da voçoroca para reter os sedimentos desprendidos do talude.

Em seu trabalho, Giangiulio (2009) propõe métodos de controle, prevenção e recuperação de erosões no município de Ipeúna – SP, levando em consideração aspectos do solo, relevo, uso e ocupação, uma vez que, os processos erosivos surgem da integração desses fatores. Já existiam práticas de manejo e conservação do solo nas áreas de plantação de cana-de-açúcar, como mostrado na Figura 4.17, que ajudaram atenuar a ocorrência de processos erosivos (Quadro 20).

Quadro 20 – Resumo dos processos erosivos no município de Ipeúna - SP

ESTUDO DE CASO 12	
AUTOR	Anelise Ruzzante Giangiulio
TÍTULO DO TRABALHO	Gestão ambiental aplicada a prevenção, controle e recuperação de erosão linear acelerada no município de Ipeúna - SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Ipeúna.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	134 km ² .
Geologia	Bacia Sedimentar do Paraná.
Geomorfologia	Depressão Periférica com uma porção encravada nas Cuestas Basálticas.
Relevo	Colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados e espigões, escarpas festonadas e mesas basálticas.
Tipo de solo	Predominam solos podzólicos vermelho-amarelo, seguido pelo latossolo vermelho-amarelo, litólico e areias quartzosas.
USO DO SOLO	Predomínio de pastagem e cana-de-açúcar.
Clima	Temperado úmido com inverno seco.
CAUSAS	Escoamento lateral em beira de estradas vicinais, trilhas de gado e mal dimensionamento de sistemas de drenagem.
CONSEQUÊNCIAS	Assoreamento intenso dos cursos d'água.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Plantio em curvas de nível e terraços associados a bacias de retenção.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Aterro compactado com estacas vivas, reflorestamento das APPs, revegetação, drenagem das águas pluviais para locais estabilizados, reaterro, terraços agrícolas, sistema de drenagem criterioso na área urbana além da disposição do arruamento seguindo as curvas de nível.

Figura 4.17 - Cultura de cana-de-açúcar com adoção de prática conservacionista

Fonte: Giangiulio (2009).

A dinâmica do processo erosivo na cidade de Rancharia – SP, foi estudada por Francisco (2011) que em seu trabalho apresentou propostas de baixo custo para o controle

da erosão acelerada. As Figuras 4.18 e 4.19 mostram o método de barramento com uso de bambu e pneus utilizado por ele (Quadro 20).

Quadro 20 – Resumo das causas e técnicas adotadas e sugeridas para erosão na cidade de Rancharia - SP

ESTUDO DE CASO 13	
AUTOR	Alyson Bueno Francisco.
TÍTULO DO TRABALHO	O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP: sua dinâmica e suas propostas de recuperação.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Córrego do Grito, afluente do Ribeirão Rancharia.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
UNIDADES GEOLÓGICAS	Formação Adamantina pertencente ao Grupo Bauru e a Formação Serra Geral pertencente ao Grupo São Bento.
RELEVO	Planalto Centro Ocidental.
TIPO DE SOLO	Argissolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho.
CAUSAS	Inicialmente houve o desmatamento e a introdução da monocultura, principalmente do algodão. Depois, várias culturas temporárias foram substituídas por pastagem. Na área urbana houve falta de planejamento adequado na implantação de loteamentos e destinação adequada das águas pluviais.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Aterramento, galerias de águas pluviais, logradouros pavimentados com implantação de sistema de drenagem, terraceamento. Na parcela monitorada foi feito barramentos com o uso de bambus e pneus.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Isolamento da área a ser recuperada, evitando a entrada de animais para a regeneração da cobertura vegetal, implantação adequada de terraceamento em curvas de nível e de bacias de captação das águas pluviais, implantação de barreiras físicas como barramentos com pneus e bambus, sacos com terra, paliçadas e seleção e plantio de espécies vegetais.

Figura 4.18 - Barreira de bambu



Fonte: Francisco (2011).

Figura 4.19 - Barreira de pneus



Fonte: Francisco (2011).

No estudo realizado por Valentin (2018) em Palmas - TO, foi possível concluir que é preciso integrar os métodos para contenção de erosões utilizando não só técnicas mecânicas, como as apresentadas nas Figuras 4.20 e 4.21 já implementadas no local, como também associação de técnicas edáficas e vegetativas (Quadro 22).

Quadro 22 – Resumo da análise da erosão em Palmas visando as práticas de controle, recuperação e prevenção adotadas e propostas em Palmas - TO

ESTUDO DE CASO 14	
AUTOR	Francisco Augusto Da Silva Valentin
TÍTULO DO TRABALHO	Análise do controle, recuperação e prevenção da erosão hídrica no Parque Cesamar em Palmas - TO.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Parque Cesamar.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Tipo de solo	Cambissolo, Neossolo Regolítico e a grande maior parte Plintossolo Pétrico.
Vegetação	Cerrado stricto sensu e cerrado.
CAUSAS	Lançamento da água pela galeria no canal hídrico.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Escadas hidráulicas e bacia de retenção.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Plantio de sementes, adubos alternativos nas áreas onde a fertilidade do solo está muito baixa, redirecionamento da rede de drenagem, aplicação de geomantas para proteção de taludes.

Figura 4.20 - Bacia de retenção



Fonte: Valentin (2018).

Figura 4.21 - Escada hidráulica



Fonte: Valentin (2018).

Perussi (2019) realizou um diagnóstico de erosões, de forma temporal, no município de São Pedro – SP, com o intuito de propor técnicas de recuperação tendo como foco a reabilitação, ou seja transformar a área em um centro de educação ambiental, e respeitando as especificidades da região, tanto do meio físico como antrópico. As técnicas seriam práticas de caráter mecânico integradas com práticas socioambientais (Quadro 23).

Quadro 23 – Resumo das erosões encontradas no município de São Pedro - SP

ESTUDO DE CASO 15	
AUTOR	Alexandre Perussi
TÍTULO DO TRABALHO	Diagnóstico ambiental de voçorocas localizadas em São Pedro (SP): análise temporal e proposta de recuperação.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	São Pedro.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	1,21 km ² .
Hidrologia	Ribeirão do Meio.
Clima	Tropical chuvoso com estação seca de inverno
Relevo	Depressão Periférica Paulista.
Geologia	Formação Pirambóia
Tipo de solo	Podzólicos (ou Argissolos) Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos.
Vegetação	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional em região de Contato Savana/Floresta Estacional.
Uso do solo	73,97% de área edificada
	16,31% de pastagem
	9,72% de vegetação
CAUSAS	Pastagem, falta de planejamento na expansão urbana com construção de ruas inadequadas, sem medidas estruturais.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Revegetação, bocas de lobo e galerias, além de um centro de educação ambiental.

Através da caracterização morfológica, física e uso do solo, Santarosa (2014) estudou as erosões hídricas no município de Euclides da Cunha – SP, em um assentamento rural. Houve uma conquista dos habitantes da região diante da concentração fundiária existente no país mas ainda não há uma infraestrutura adequada para melhorar a vida dos assentados, dessa forma, os processos erosivos estão relacionados com o histórico de uso e ocupação do solo e a pouca utilização de técnicas de manejo, além das características naturais do solo que contribuem para o desenvolvimento das erosões. As Figuras 4.22 e 4.23 mostram as técnicas empregadas para analisar a evolução das erosões e verificar a eficiência dos métodos (Quadro 24).

Quadro 24 – Resumo dos processos erosivos encontrados no assentamento rural Nova Esperança, Euclides da Cunha - SP e aplicação de técnicas para sua recuperação

ESTUDO DE CASO 16	
AUTOR	Lucas Vituri Santarosa
TÍTULO DO TRABALHO	Caracterização física dos solos degradados por erosão hídrica e implantação de técnicas de recuperação no assentamento rural Nova Esperança, município de Euclides da Cunha Paulista - SP.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Assentamento Rural Nova Esperança.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Morfoestrutura	Bacia Sedimentar do Paraná.
Formações geológicas	Formação Caiuá e Grupo Bauru.
Relevo	Planalto Centro Ocidental.
Tipo de solo	Argissolos vermelhos e Neossolos.
Clima	Tropical com estação seca no inverno.
Vegetação	Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Mata Atlântica).
CAUSAS	Ocupação mal planejada, ausência de cobertura vegetal, principalmente no entorno dos cursos hídricos, somada ao predomínio de pastagem mal manejada e com manutenção irregular.
SOLUÇÕES ADOTADAS	Barreira física de bambu, adição de sacos de rafia cheios de areia e seixos para contenção do fluxo e plantio de espécies nativas.

Figura 4.22 - Barreira de bambu



Fonte: Santarosa (2014).

Figura 4.23 - Barreiras feitas com sacos de areia e seixos apoiadas em bambu



Fonte: Santarosa (2014).

Arantes (2019) concluiu que a bacia hidrográfica do Rio Bonito, municípios de Descalvado e Porto Ferreira – SP, é propícia ao desencadeamento de erosões, através da obtenção de índices que indicam o limiar crítico para o desencadeamento dos processos erosivos. Entretanto, fatores antrópicos como atividades agrícolas acabam expondo os solos sendo necessárias práticas de manejo para conservar o solo (Quadro 25).

Quadro 25 – Resumo do estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Bonito em Descalvado e Porto Ferreira – SP sobre o desencadeamento de erosões

ESTUDO DE CASO 17	
AUTOR	Leticia Tondato Arantes
TÍTULO DO TRABALHO	Limiares topográficos de processos erosivos na bacia do Rio Bonito (SP) obtidos a partir de modelo digital de elevação de dados de radar (PALSAR/ALOS).
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Descalvado e Porto Ferreira.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Formações Geológicas	Formação Corumbataí, Formação Pirambóia, Formação Serra Geral e Intrusivas Básicas, Formação Itaqueri, Formação Santa Rita do Passa-Quatro, Formação Pirassununga e Depósitos recentes.
Relevo	Planalto Ocidental Paulista e uma menor porção de Depressão Periférica Paulista.
Tipo de solo	Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênicos (Neossolos), Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho (Latosolos), Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho (Argissolos), Gleissolos Háplicos (Gleissolos) e Organossolos Háplicos (Organossolos).
Vegetação	Áreas de mata, capoeira, cerrado, cerradão e vegetação de várzea.
Clima	Mesotérmico úmido subtropical de inverno seco.
CAUSAS	Ação das águas pluviais urbanas, decorrente do crescimento acelerado da área urbana sem planejamento da drenagem e parcelamento do solo adequado, além da mecanização da agricultura.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Nas áreas de cultivo de culturas temporárias, pode-se adotar técnicas de cultivo em nível e plantio direto.

Magri (2013), em seu estudo, produziu uma carta de suscetibilidade à erosão na região do Médio Rio Grande – MG, e a partir dela foi possível ter um maior controle do uso e ocupação do solo para prevenir o desenvolvimento de grandes erosões. Com a carta, foi possível identificar qual a forma do terreno, substrato rochoso, material inconsolidado e uso do solo que são mais susceptíveis a erosão e com isso definir as melhores medidas a serem tomadas (Quadro 26).

Quadro 26 – Estudo sobre as características do meio físico mais susceptíveis à erosão na região do Médio Rio Grande (MG)

ESTUDO DE CASO 18	
AUTOR	Rômulo Amaral Faustino Magri
TÍTULO DO TRABALHO	Análise da suscetibilidade à erosão da região do Médio Rio Grande (MG).
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	Região do Médio Rio Grande, que abrange a Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande, envolvendo 22 municípios do sudoeste do Estado de Minas Gerais.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Área	9.794,12 km ² .
Clima	Semi-úmido.
Unidades geomorfológicas	Patamares da Canastra, Serra da Canastra, Planalto de Varginha e Patamares Cuestiformes.
Geologia	Arenitos das Formações Botucatu e Aquidauana além de basaltos da Formação Serra Geral, e por rochas do Embasamento Cristalino, que engloba os Grupos Araxá, Canastra, Bambuí e Complexo de Barbacena.
Tipo de solo	Areia Quartzosa, Cambissolo, Latossolo, Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Escuro, Litossolo, Podzólico, Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Escuro.
Vegetação	Floresta Atlântica, Cerrado e Campo Cerrado e Campo Rupestre de Altitude.
Relevo	Planícies, colinas, morrotes, morros, morros com encostas suavizadas, escarpas, serras e vales.
CAUSAS	Forma de terreno (13,80%): Terrenos com curvatura vertical convexa.
	Declividade (28,81%): maiores que 10%
	Substrato rochoso (12,72%): Formações Aquidauana e Botucatu.
	Material inconsolidado (44,67%): maior espessura e textura mais arenosa.
	Uso do solo: 38,63% áreas de atividades agrícolas, 31,45% áreas de pastagem e 28,32% áreas com vegetação natural.
SOLUÇÕES PROPOSTAS	Técnicas de manejo nas áreas agrícolas e de pastagem e preservação da vegetação nas áreas de vegetação.

O estudo realizado por Neves (2017) em São Pedro – SP utilizou o geoprocessamento para obter dados de declividade e área de contribuição que desencadeiam o surgimento de erosões e teve como produto cartas de zoneamento de áreas de ocorrência de erosões (Quadro 27). Assim como no estudo do Magri (2013), as cartas orientam a ocupação adequada dos locais evitando o desencadeamento de processos erosivos, além de visar à recuperação das áreas já comprometidas.

Quadro 27 – Estudo sobre as características do meio físico mais susceptíveis à erosão no Córrego do Meio em São Pedro - SP

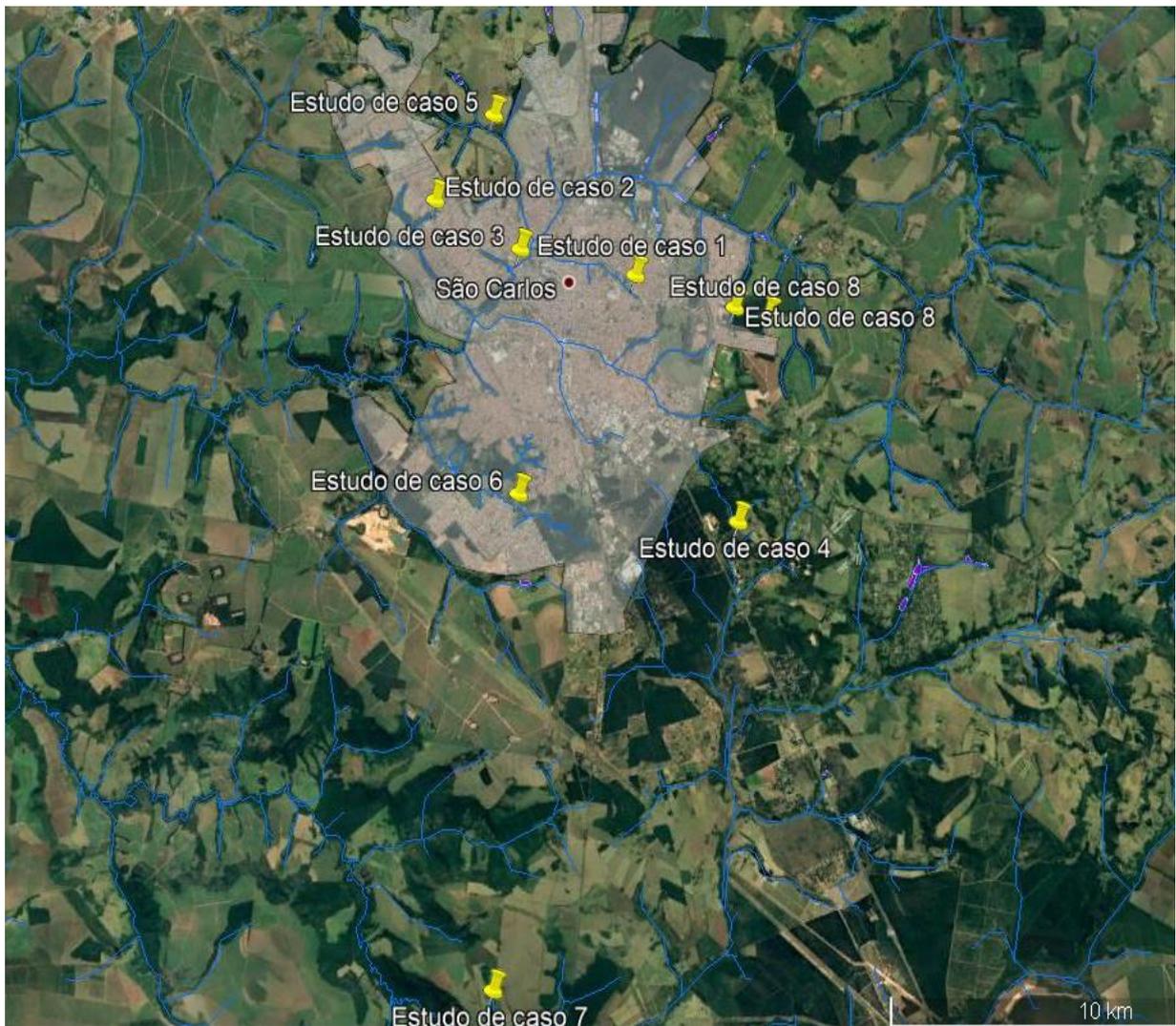
ESTUDO DE CASO 19	
AUTOR	Monique de Paula Neves
TÍTULO DO TRABALHO	Análise dos processos erosivos na bacia do Córrego do Meio - Município de São Pedro (SP): Estudo do desencadeamento das erosões.
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	São Pedro.
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	
Clima	Tropical chuvoso com inverno seco.
Vegetação	Áreas de mata, capoeira e reflorestamento.
Unidades geomorfológicas	Serra de São Pedro, Cuestas Basálticas (Escarpa de Serra) e Depressão Periférica.
Geologia	Rochas sedimentares das Formações Itaqueri, Pirambóia e Botucatu e rochas ígneas da Formação Serra Geral.
Materiais inconsolidados	Residual da Formação Itaqueri; residual da Formação Serra Geral; residual da Formação Botucatu; Sedimentos Coluvionares; Transportado da Formação Pirambóia; Sedimentos aluvionares; e residual da Formação Pirambóia.
Tipo de solo	Latossolo roxo distrófico; latossolo vermelho escuro; latossolo vermelho amarelo; podzólico vermelho escuro; podzólico vermelho amarelo; areia quartzosa; solos litólicos e gleizados.
Uso e ocupação do solo	Pastagem, mata, cultura semi perene e área edificada.
Relevo	Área de planalto, escarpas com declividades elevadas e sopé de talude com material colúvio e tálus e área de depressão (87%).
CAUSAS	Uso e ocupação: Pastagem, urbanização, cana e eucalipto.
	Material Inconsolidado: materiais Transportados Associados à Formação Pirambóia (espessuras superiores a 0,5 metros e muito arenosos).
	Declividade: predomínio do intervalo de 5 a 15% (terrenos inclinados ou muito inclinados, com relevo ondulado e escoamento superficial rápido).
	Hidrologia: maiores classes de área de contribuição estão localizadas nas porções mais baixas do relevo, nos vales fechados, com alta densidade de canais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DOS CASOS DE SÃO CARLOS

Foram localizados os casos estudados na cidade de São Carlos no Google Earth, além dos rios e do limite do município e área urbana para uma melhor visualização e entendimento das análises (Figura 5.1). Também foram posicionados os casos estudados nos mapas de substrato geológico e materiais inconsolidados da Pons (2006), exceto o estudo 7 pois se encontra fora da região compreendida pelos mapas, para uma análise mais visual da situação (Figura 5.2 e 5.3).

Figura 5.1 – Localização dos estudos de casos de São Carlos



Fonte: Google Earth (2021).

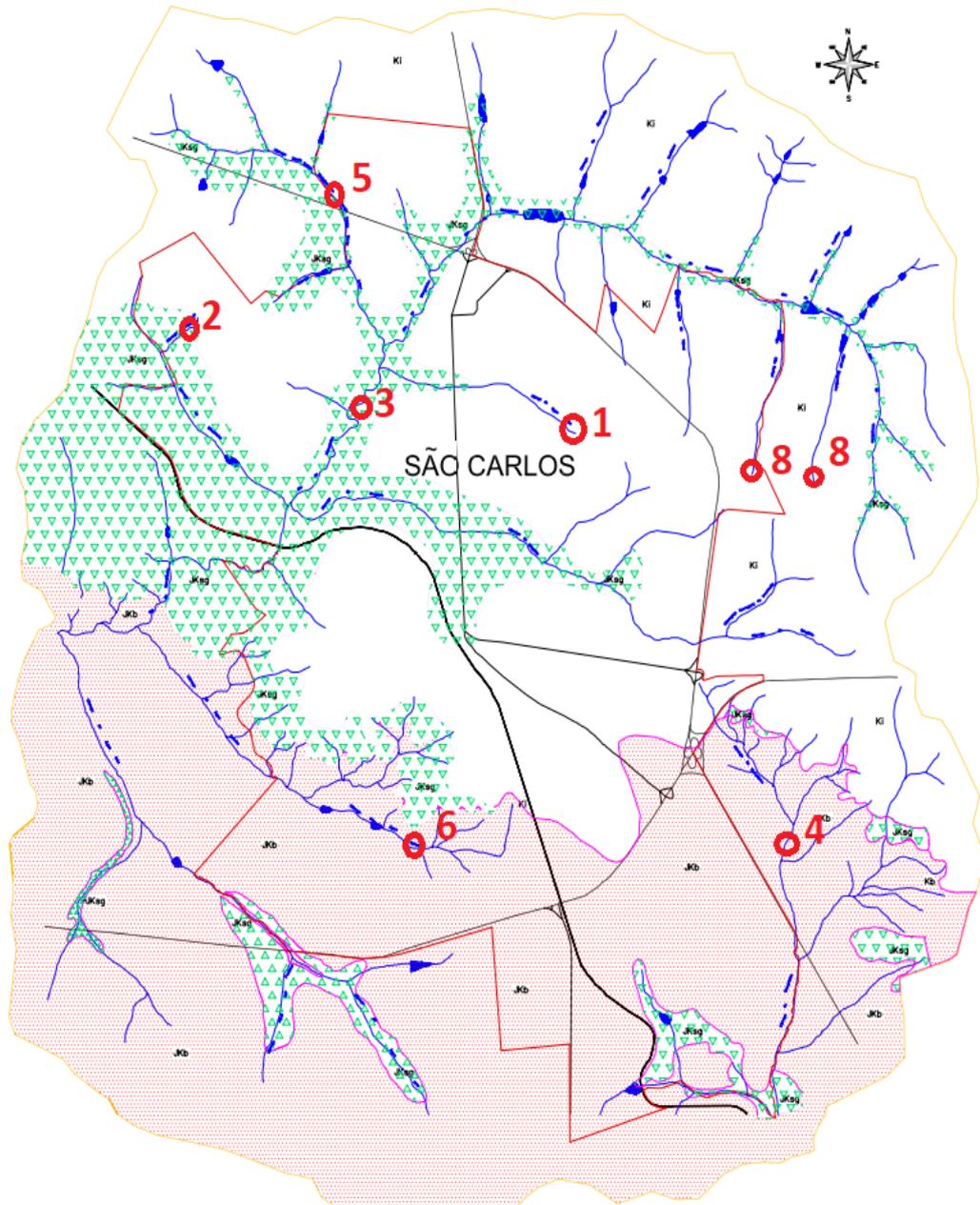
A cidade de São Carlos é composta por duas grandes unidades litoestratigráficas, sendo elas o Grupo Bauru, representado pela Formação Itaqueri e o Grupo São Bento constituído pelas Formações Serra Geral e Botucatu (Figura 5.2). Com relação aos materiais inconsolidados presentes na região, é possível dividir a cidade em dois grupos quando se trata de textura, o primeiro é composto por textura mais arenosa associado ou originários das rochas das Formações Botucatu e Itaqueri e o segundo mais argiloso tendo como influência as rochas básicas da Formação Serra Geral. Analisando numa menor escala foi possível caracterizar a região de acordo com a origem dos materiais, ou seja, residuais e transportados e de acordo com os teores de areia (PONS, 2006).

A Formação Serra Geral apresenta praticamente textura argilosa com pequenas partes de areia fina, apontando pouca profundidade de material inconsolidado. É representada basicamente por derrames de basalto e corpos intrusivos associados, sendo sua ocorrência predominantemente em fundos de vales. A formação Botucatu apresenta pouca profundidade de material residual e é constituída por mais 70% de areais médias, 20% de areia fina e 10% de argila. A Formação Itaqueri, é composta de areia fina a média à argila arenosa (PONS, 2006).

De acordo com o mapa de Substrato Geológico feito por Pons (2006), a região sul e sudoeste da cidade é composta pela Formação Botucatu, a região central tem predomínio de Formação Serra Geral e a região norte e leste é formada pela Formação Itaqueri. A Figura 44, mostra o mapa de substrato geológico realizado por Pons (2006) e sintetiza as unidades presentes na cidade, sendo a Formação Botucatu representada pela cor vermelha, a Formação Serra Geral representada pela cor verde e a Formação Itaqueri pela cor branca

Dos casos estudados, pode ser observado que: 4 e 6 estão na região sul da área urbana e sobre substrato da Formação Botucatu; 3 está sobre substrato da Formação Serra Geral; 2 e 5 em transição Serra Geral para Itaqueri; e, 1 e 8 sobre a formação Itaqueri.

Figura 5.2 – Mapa do Substrato Geológico da cidade de São Carlos, com localização dos estudos analisados.



- Unidades Litoestratigráficas
- FORMAÇÃO ITAQUERI**
-  – Arenitos mal selecionados, médios a grosseiros, imaturos, com níveis conglomeráticos basais.
- GRUPO SÃO BENTO**
- Formação Serra Geral
-  – Basaltos  – Diabásios
- Formação Botucatu
-  – Arenitos finos, silicificados, muito bem selecionados, grãos predominantemente de quartzo foscos e arredondados.

- Convenções Cartográficas
-  Contato Geológico
-  Perímetro urbano
-  Limite área de estudo
-  Rodovias Estaduais
-  Drenagem

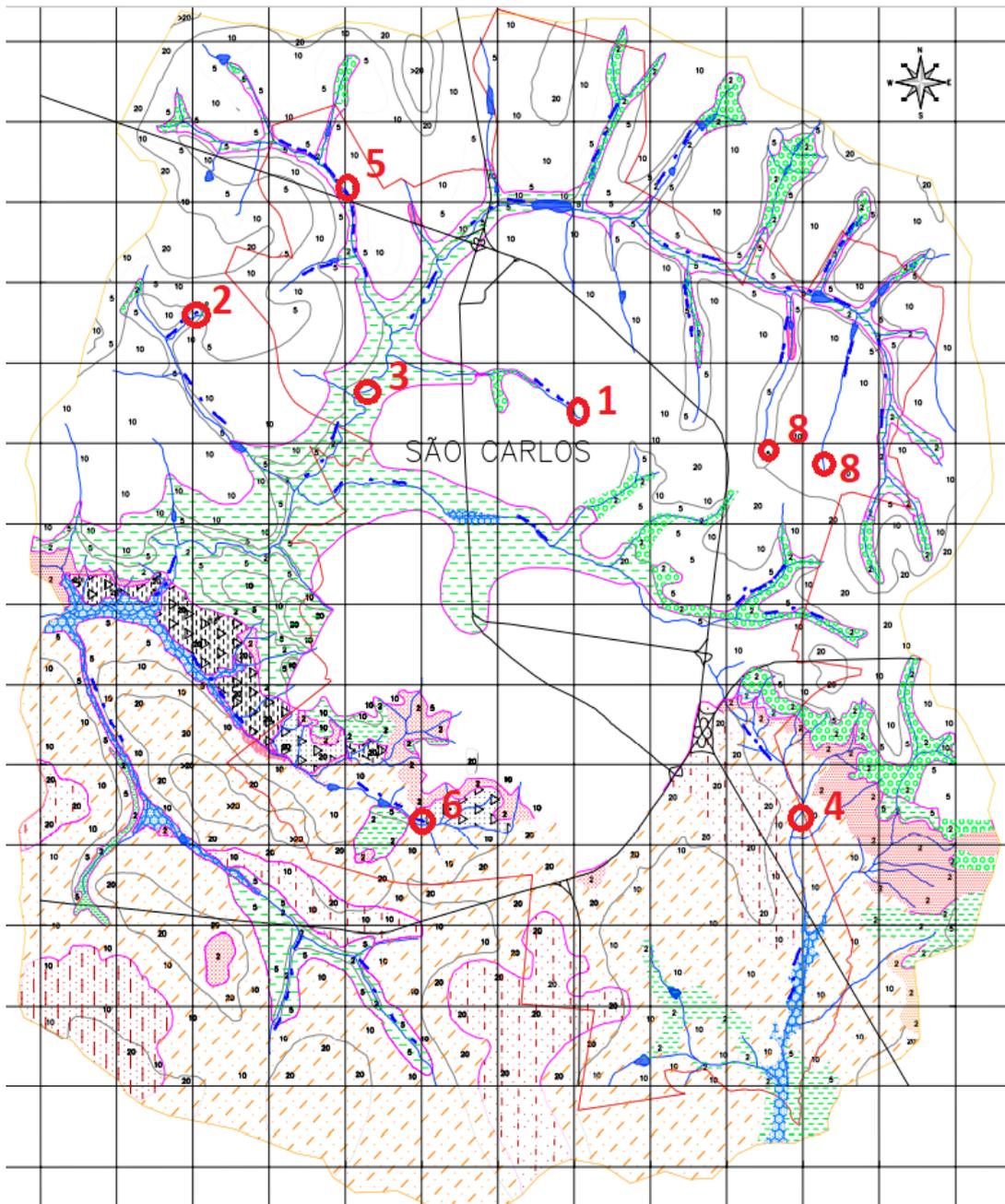
Fonte: Pons (2006).

No estudo dos materiais inconsolidados feito por Pons (2006), dividiu-se a área em cinco unidades, a primeira é do tipo Arenoso I, o qual recobre os materiais da Formação Botucatu com contribuição das unidades Serra Geral, a segunda e terceira é do tipo Arenoso II e Arenoso III, as quais estão assentadas sobre a Formação Itaqueri, a quarta é do tipo Aluvionar, ou seja, ricos em matéria orgânica restritos às planícies aluvionares e caracterizada por baixas declividades e, por fim, a quinta é do tipo Coluvionar provenientes da alteração da Formação Botucatu caracterizada por declividades acentuadas.

A Figura 5.3 exibe os materiais inconsolidados estudados por Pons (2006), nota-se que a região é fortemente marcada por solos transportados arenosos, sendo estes mais fáceis de erodir devido à alta porosidade e a baixa coesão.

Dos casos estudados, pode ser observado que: 4 e 6 estão na região sul da área urbana e sobre materiais inconsolidados Arenoso I; 3 está sobre residuais dos magmatitos básicos da Formação Serra Geral; 1, 2, 5 e 8 sobre materiais inconsolidados Arenoso III.

Figura 5.3 – Mapa de Materiais Inconsolidados da cidade de São Carlos com localização dos estudos analisados.



LEGENDA

Residuais	Transportados	
- Residual do Bauru	- Material Arenoso I	- Material Coluvionar dos Magmatitos Básicos
- Residual dos Magmatitos Básicos	- Material Arenoso II	- Material Coluvionar do Botucatu
- Residual do Botucatu	- Material Arenoso III	- Material Orgânico
	- Material Aluvionar	

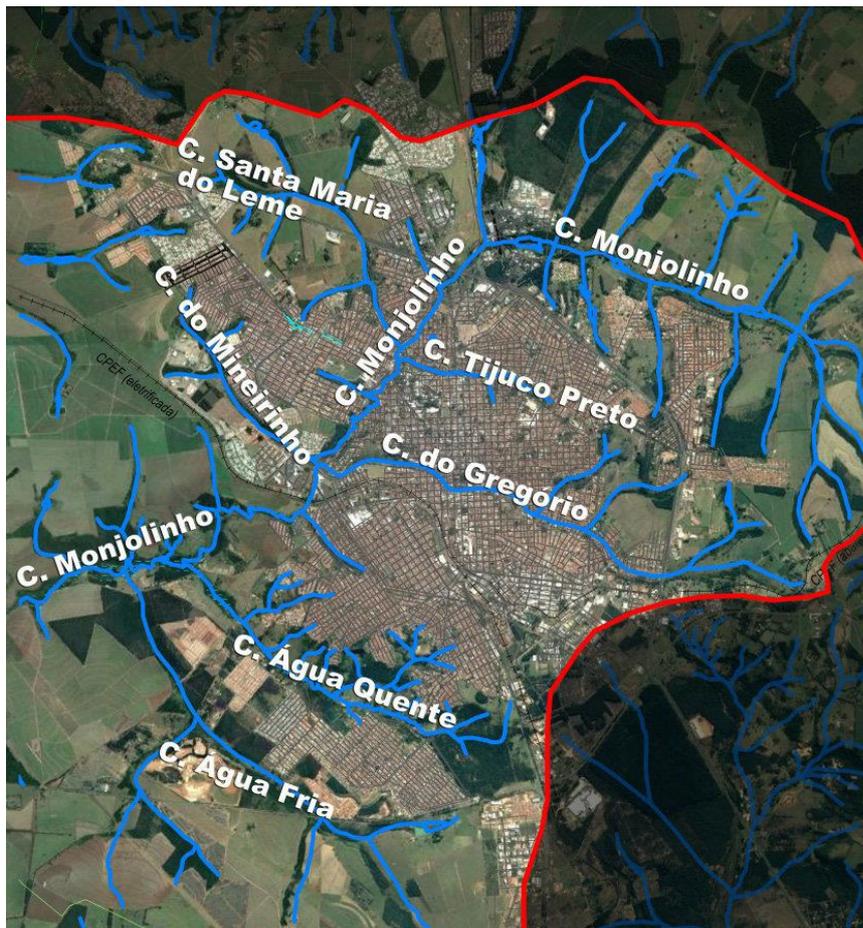
CLASSES DE ESPESSURA
 2 - menor que 2 metros
 5 - 2 a 5 metros
 10 - 5 a 10 metros
 20 - 10 a 20 metros
 >20 - maior que 20 metros

LIMITES
 - Entre Materiais e/ou Classes de Espessura
 - Entre Classes de Espessura
 - Perimetro urbano
 - Limite da área de estudo
 - Drenagem

Fonte: Pons (2006).

Ainda no estudo realizado por Pons (2006), analisou-se as degradações de acordo com as micro bacias presentes na área (Figura 5.4). O córrego do Gregório está localizado na região mais ocupada da Bacia do Monjolinho, com ausência total de mata ciliar e alto escoamento superficial do solo. A micro bacia do córrego do Água Quente também está localizada numa região de intensa ocupação e devido os materiais residuais do Compartimento Botucatu presentes na região, apresenta graves danos ao solo. Já os problemas presentes no Córrego do Água Fria estão relacionados com a retirada da mata ciliar e apesar de não apresentar alta porcentagem de ocupação urbana, conclui-se que a ação antrópica estimula o aparecimento de processos erosivos. A região do Tijuco Preto é altamente urbanizada e além da retirada da mata ciliar, teve seu canal retificado. No Córrego Mineirinho, apesar de apresentar solo arenoso, a alta impermeabilização aumenta o escoamento superficial e provoca eventos críticos principalmente em épocas de chuva. E no córrego Monjolinho, o desmatamento incluindo nas áreas de cabeceira somada ao material residual do Botucatu foram os principais fatores para a ocorrência de erosões.

Figura 5.4 - Principais córregos da sub-bacia do Monjolinho dentro do perímetro urbano



Fonte: Lima e Schenk (2018).

Analisando os casos estudados, conclui-se que os estudos de caso 2, 3 e 5 estão localizados no centro do município e apesar de se encontrarem no compartimento Serra Geral, o qual é o menos propício ao desenvolvimento de erosões devido seu solo argiloso, eles estão localizados em cabeceiras de rios, região de grande fragilidade devido a canalização dos córregos, impermeabilização e falta de drenagem. Os estudos de caso 4, 6 e 7 estão localizados mais ao Sul, região composta pela Formação Botucatu e por materiais arenosos transportados, ou seja, é uma região extremamente propícia ao desenvolvimento de processos erosivos. E os estudos de caso 1 e 8 estão sob a Formação Itaqueri, região também propícia ao surgimento de erosões principalmente pela presença de solo transportado arenoso.

5.2 ANÁLISE GERAL DOS CASOS

Foi feita uma análise entre todos os estudos de casos, comparando o uso do solo nas regiões, as causas das erosões e as soluções adotadas e propostas. Os resultados estão expostos nos Quadros 28 e 29 a seguir:

Quadro 28 – Análise dos estudos de caso de São Carlos

São Carlos									
Estudos de caso		1	2	3	4	5	6	7	8
Uso do solo na região	Pastagem				X			X	
	Urbanização / Loteamento	X	X	X		X	X		X
	Plantação de monoculturas		X			X	X	X	
Causas	Impermeabilização do solo	X							
	Problemas com a rede de drenagem	X	X						
	Retirada da vegetação				X	X	X	X	
	Falta de pavimentação adequada					X			
	Sem análise específica da erosão			X					
Técnicas Adotadas	Sem técnicas adotadas		X	X		X		X	
	Técnicas de caráter mecânicas	X			X		X		X
	Técnicas de caráter vegetativo	X			X				
	Outras técnicas								
Soluções Propostas	Sem soluções propostas	X		X	X		X		
	Soluções de caráter mecânicas		X			X			X
	Soluções de caráter vegetativas					X		X	X
	Outras soluções		X						

Nota-se que o uso do solo e as causas das erosões estão interligados. É possível observar que nas áreas urbanas, a falta de planejamento e infraestrutura na implantação de loteamentos devido à rápida urbanização são um dos grandes problemas que acabam acarretando em impermeabilização do solo e problemas nas redes de drenagens. As redes de drenagens em muitos casos são inexistentes e quando existentes, são mal dimensionadas e sem manutenção. Nas áreas rurais, observa-se que a retirada de vegetação natural para a realização de pastagem e plantações de monoculturas são os principais condicionantes dos processos erosivos, uma vez que deixam os solos expostos.

Quando se trata de pastagens, muitas delas são feitas sem a manutenção da área, ou seja, não ocorre a utilização de sistemas rotacionados, além de erros no manejo e baixo uso de insumos, o que acarreta em empobrecimento e diminuição da produtividade sendo necessário mais áreas para manter o nível de produção. Além do desmatamento causado, o pisoteamento do solo e surgimento de trilhas de gados contribuem para a evolução dos processos erosivos.

Já o cultivo de monoculturas interrompe o processo natural de reciclagem dos nutrientes do solo tornando-o pobre além do que quando a plantação é cortada, o solo fica exposto e propício ao desenvolvimento de erosões. Algumas das técnicas que reduzem as agressões ao solo são o plantio direto e a rotação de culturas.

Com relação à urbanização, o crescimento das cidades mudou bruscamente a fisiologia da paisagem acarretando em degradação ambiental. Além da falta de planejamento com uma desordenada ocupação do solo, utilizando áreas cujas características do solo são favoráveis ao surgimento de erosões, canalizando e ocupando margens dos rios e não respeitando áreas de proteção permanente, a falta de infraestrutura adequada agrava ainda mais o problema. A impermeabilização gerada pela implantação de loteamentos, por exemplo, não é compensada com obras de drenagens eficientes, além disso, o lançamento das águas pluviais é feito diretamente no canal hídrico sem nenhuma preocupação com problemas futuros no solo.

Em todos os casos estudados os fatores naturais como declividade, chuva e estrutura do solo são citados como fatores que colaboram para a existência de erosões, mas o grande problema são as ações antrópicas realizadas sem a preocupação com os futuros problemas do solo que enfatizam o aparecimento das erosões. Desde que não haja a intervenção de ações antrópicas, os elementos que compõe o meio físico interagem de maneira equilibrada sendo capaz de se recompor naturalmente.

Com relação às técnicas adotadas, foi observado que muitos dos casos não haviam soluções para as erosões existentes e, nos que existiam, essas técnicas foram feitas quando o processo erosivo já estava bastante avançado. Ademais, outro ponto importante analisado, é que na maioria dos casos as técnicas de caráter mecânico foram implantadas

junto com técnicas de caráter vegetativo, o que aumenta a eficiência do resultado. As práticas nem sempre são eficientes devido às limitações tecnológicas, financeiras e operacionais dos proprietários e dos poderes públicos.

Atualmente, a erosão não é só um problema técnico, é também um problema socioeconômico, visto que o êxito das técnicas de conservação do solo depende do conjunto de implicações sociais e econômicas onde o Estado está cada vez mais envolvido.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão cada vez mais rápida das cidades é inevitável; dessa maneira é essencial tomar medidas preventivas para evitar o aparecimento de novos processos erosivos ou agravamento dos existentes. É possível concluir que quanto mais tempo se leva para solucionar o problema, mais caro e tecnicamente mais complexo fica para recuperar o local; portanto, localizar e prevenir no início do processo erosivo é o ponto mais relevante.

A composição do substrato rochoso e os materiais inconsolidados são de grande interesse quando se trata de processos erosivos uma vez que estão diretamente ligados com o tipo de solo e rocha do local de ocorrência. Observa-se que a cidade de São Carlos está localizada, em sua grande parte, sobre solos arenosos e a parte correspondente à Formação Serra Geral, apesar de ser mais argilosa, apresenta porcentagens de areia fina. Dos casos estudados alguns ainda se encontram sobre a transição do solo arenoso superior para o solo mais argiloso e a mudança de textura favorece a erosão. Sendo assim, a fragilidade do meio físico somada ao uso e ocupação inadequados do solo formam situações propícias ao aparecimento das erosões.

Grande parte dos estudos de caso analisados, tanto em São Carlos como em outras localidades, apresenta o tipo de solo agrícola, mas sem haver uma descrição das suas características para que possa ser feita uma correlação com as erosões.

Nos estudos de caso analisados, nota-se que a maioria das técnicas de recuperação utilizadas são de caráter mecânico, como escadas de dissipação de energia, e que a grande parte das construções estão associadas com técnicas de caráter vegetativo o que aumenta a eficácia do método. Entretanto, foi possível observar que muitas das obras realizadas não apresentam a manutenção necessária, além do que técnicas sustentáveis como a utilização de biomantas e técnicas compensatórias são pouco utilizadas no Brasil.

Na área rural, é possível constatar que as erosões tomam maiores proporções por não atingirem diretamente a vida das pessoas como nas cidades e as técnicas, quando implantadas, são feitas muito tardiamente. Nas cidades, a falta de planejamento na ocupação de regiões propícias ao surgimento de erosões bem como regiões próximas aos córregos é determinante para o desenvolvimento dos processos erosivos.

Deve-se considerar as erosões como um problema econômico, social e político, onde o Estado está cada vez mais envolvido em diagnosticar e programar técnicas de

recuperação, além de realizar manutenções periódicas bem como propor meios de educação ambiental para a população visto que ela também é responsável por manter e conservar o que foi recuperado.

Como sugestão para futuros trabalhos, destaca-se o impacto das construções civis no solo, as quais acabam expondo o terreno aos processos erosivos através da retirada da vegetação natural, escavações e movimentações de terra, tráfego de veículos pesados, entre outros. Além disso, estudar práticas para controlar esses processos que envolvem: identificação de locais com cobertura vegetal e pavimentação que não necessitam ser retirados logo no início da obra; delimitação do perímetro da obra para controlar os fluxos de água; controle do tráfego de veículos em canteiros; condução do excesso de lama bentonítica em obras de fundação como paredes diafragmas e estacas; proteção de taludes; remoção do máximo de sedimentos antes da lavagem das vias públicas; proteção das galerias pluviais internas; e realização de paisagismo, entre outros.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, G. S. Processos erosivos na região sudeste: o exemplo do Estado de São Paulo. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A., ARAÚJO, A. S. F. (Eds). **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília: Embrapa. Parte 2, 2014. p. 145-162.

ALMEIDA, M. F. **Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: Estudo de caso em São Carlos - SP**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2014.

AMARAL, N. D. **Noções de conservação do solo**. 2ª. ed. Nobel. São Paulo: Nobel, 1984.

ANELLI, R. L. S. Sistema viário e recuperação de recursos hídricos (córregos e nascentes) em São Carlos / SP. **Anais [...]**. I Seminário Nacional sobre Regeneração Ambiental de Cidades - Águas Urbanas. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 08 de dezembro, 2005.

ANTUNES, F. S.; SALOMÃO, F. X. T. Solos em pedologia. In: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELLI, J. J. **Geologia de engenharia e ambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. p. 72-85.

ARANTES, L. T. **Limiars topográficos de processos erosivos na bacia do Rio Bonito (SP) obtidos a partir de modelo digital de elevação de dados de radar (Palsar/Alos)**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP. Ilha Solteira, 2019.

ANTUNES, F. S.; SALOMÃO, F. X. T. Solos em pedologia. In: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELLI, J. J. **Geologia de engenharia e ambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. p. 72-85

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 8ª Edição, Editora ícone. São Paulo, SP, 2012.

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>.

BRITO, A. O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Brasília/DF, fevereiro 2012.

CARVALHO, J. C.; LIMA, C.; MORTARI, D. Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Associação Brasileira de Geologia e de Engenharia Ambiental, 2009.

CASTRO, R. A. Proposta de Contenção / Recuperação da Erosão do Bairro Jacu, Açailândia - MA. **Anais [...]**. XII SINAGEO, 2018.

CAVALCANTE, T. D. M. **Área de preservação permanente e erosão do solo, em bacia hidrográfica de manancial urbano. Estudo do caso do Ribeirão do Feijão, São Carlos - SP.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática - NEPA. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Itajubá / MG, 2013.

CERMINARO, A. C. **Caracterização macro e micromorfológica do solo para compreensão de processos erosivos lineares, Topossequência Manacá, São Carlos - SP.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP. São Paulo, 2015.

COSTA, K. G.; LOZI, L. R. P.; ROCKENBACH, G. L.; REIS, A. E. R. **Alternativas de recuperação de áreas degradadas urbanas: um estudo de caso da nascente do córrego água branca - Goiânia, Goiás.** Eixo 11, Problemas Socioambientais Urbanos e Rurais. Universidade Estadual de Goiás, 2007.

EIRAS, C. G. S. **Mapeamento da suscetibilidade a eventos perigosos de natureza geológica e hidrológica em São Carlos - SP.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos - SP, 2017.

FARIA, Karla M S. **Processos erosivos lineares no município de Goiânia - Goiás.** Doutorado em Geografia (IESA) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos. Goiânia - Goiás, 2007 e 2008.

FELÍCIO, B. C. **Áreas marginais a corpos hídricos urbanos: delimitação e zoneamento ambiental.** Área piloto: Bacia do Córrego Santa Maria Madalena, em São Carlos / SP. Tese de Doutorado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2014.

FENDRICH, R.; OBLANDEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, M.M. **Drenagem e controle da erosão urbana.** Curitiba: Champagnat, ed.4, 1997.

FILIZOLA, H. F.; FILHO, G. S. A.; CANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenoso.** CIRCULAR TÉCNICA. Jaguariúna, n.22, 2011- . ISSN 1516-4683

FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia - SP: Sua dinâmica e as propostas de recuperação.** Dissertação de Mestrado, UNESP (Campus de Presidente Prudente). Presidente Prudente, 2011.

FREITAS, D.; SANTOS, S.A.M. **Atlas histórico socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos – SP.**

GIANGIULIO, A. R. **Gestão ambiental aplicada a prevenção, controle e recuperação de erosão linear acelerada no município de Ipeúna - SP.** Monografia (curso de graduação em Engenharia Ambiental), Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (Campus de Rio Claro). Rio Claro - SP, 2009.

GONÇALVES, A.R.L. **Geologia ambiental da área de São Carlos.** Tese (Doutorado em Geociências). São Paulo, 1986. Universidade de São Paulo.

IPT (1992). **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1992.

IWASA, O. Y.; FENDRICH, R.; ALMEIDA FILHO, G. S. Controle da erosão. In: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELI, J. J. **Geologia de engenharia e ambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2018. p. 230-247.

LAFAYETTE, K. P. V.; CANTALICE, J. R. B.; COUTINHO, R. Q. Resistência à erosão em ravinas, em latossolo argiloarenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, p. 2167-2174, 2011

LIMA, M. C.; SCHENK, L. Estudo de infraestrutura verde na bacia hidrográfica do córrego do Monjolinho, São Carlos, SP. **Revista LABVERDE**. 9. 50. 10.11606/issn.2179-2275.v9i1p50-72, 2018.

MAGRI, R. A. F. **Análise da suscetibilidade à erosão da região do Médio Rio Grande (MG)**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos - SP, 2013.

MEGDA, O. R. Impactos das erosões aceleradas em meio urbano: o caso do município de Franca - São Paulo. **Revista Geográfica de América Central**, vol. 2, pp. 1-19, julho-dezembro, 2011. Universidade Nacional Heredia, Costa Rica. Disponível em: <http://redalyc.org/articulo.oa?id=451744820649>.

NEVES, M. P. **Análise dos processos erosivos na bacia do córrego do meio - município de São Pedro (SP): Estudo do desencadeamento de erosões**. Dissertação de mestrado em Ciências, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2017.

NOBRE, Márcio V.; COLLARES, Eduardo G. Recuperação de uma área degradada por erosão e disposição de resíduos sólidos na comunidade de Guardinha - municípios de São Sebastião do Paraíso (MG). **Ciência et Praxis**, Vol. 2, n. 3 (2009).

OLIVEIRA, L. S.; DUTRA, M. M. C. **Erosões urbanas e antropização: Estudo de caso na Vila Formosa III Etapa, Anápolis - GO**. 62 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019). Anápolis / GO

OLIVEIRA, M. A. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (Org.). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.

PERUSSI, A. **Diagnóstico ambiental de voçorocas localizadas em São Pedro (SP): Análise temporal e proposta de recuperação**. Trabalho de formatura, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP (Campus de Rio Claro). Rio Claro, SP 2019.

PONS, N. A. D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos - SP, com auxílio de geoprocessamento**. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. V. I, São Carlos, 2006.

PONS, N. A. D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos - SP, com auxílio de geoprocessamento**. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, UPS. V. II, São Carlos, 2006.

REZENDE, R. E. C.; SANTOS, R. V.; TONELLO, K. C.; SILVA, J. P.; SILVA, R. C.; FRANCO, F. S. Recuperação de área degradada por erosão hídrica em um Argissolo Vermelho Amarelo em assentamento de reforma agrária no grupo sedimentar do Arenito

Bauru. **Anais [...]** Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia - Belém/PA - 28.09 a 01.10.2015. ISSN 2236-7934 - Vol. 10, n. 3 de 2015.

ROSA, F. P. **Controle de erosão e sedimentação em sistemas de drenagem provisória de obras urbanas no município de São Paulo: Análise de práticas e recomendações.** Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2013.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geologia, [S. l.]**, v. 10, p. 41-58, 2011.

ROTTA, C. M. S. **Estudo de recuperação de áreas degradadas por processos erosivos: Procedimentos e eficiência dos métodos.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos - SP, 2012.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O. Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. In: BITAR, O. Y. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. p. 31-57.

SALOMÃO, F. X. T.; CANIL, K.; RODRIGUES, S. P. Exemplo de aplicação da geologia de engenharia no controle preventivo e corretivo dos processos erosivos. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2012.

SANTAROSA, L. V. **Caracterização física dos solos degradados por erosão hídrica e implantação de técnicas de recuperação no assentamento rural Nova Esperança, município de Euclides da Cunha Paulista - SP.** Trabalho de Conclusão de Curso, bacharelado em Geografia, UNESP (Campus experimental de Ourinhos). Ourinhos, SP 2014.

SANTOS, D. F; CARNEIRO, V. A; PEDROSA, L. E. Estudo preliminar de processos erosivos lineares nas proximidades da ferrovia norte-sul no distrito agroindustrial de Anápolis - Daia (GO). **Espaço em revista**, ISSN: 1519-7816, v.21, n. 2, jul/dez 2019, p. 52-68.

SILVA, A. M. **Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do Córrego Campo Alegre.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UFU. Uberlândia, 18 de dezembro de 2007.

TARPANI, R. R. Z.; BRANDÃO, J. L. Análise ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho - São Carlos / SP. In: VI Congresso de Meio Ambiente AUGM, 2009, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos, 2009.

TÃO, N. G. R.; SOARES, R. G. S.; FAUSTINO, A. S.; MOSCHINI, L. E. Drenagem e resíduos em área urbana: Proposta para a proteção de duas nascentes em São Carlos - SP. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 1-17, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v32i2.27552>.

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

VERDUM, R.; VIEIRA, C.L.; CANEPPELLE, J. C.G. **Métodos e técnicas para controle de erosão e conservação do solo.** Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.