

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**CAPACIDADE DE SUPORTE DE CURSOS D'ÁGUA URBANOS SOB A
PERSPECTIVA TÉCNICA E EPISTEMOLÓGICA DA ENGENHARIA**

FERNANDA POSCH RIOS

**Goiânia
2015**

FERNANDA POSCH RIOS

**CAPACIDADE DE SUPORTE DE CURSOS D'ÁGUA URBANOS SOB A
PERSPECTIVA TÉCNICA E EPISTEMOLÓGICA DA ENGENHARIA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás para obtenção de título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Orientador: Professor Doutor
Klebber Teodomiro Martins Formiga

Co-orientadora: Professora Doutora
Agustina Rosa Echeverría

**Goiânia
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Rios, Fernanda Posch

Capacidade de suporte de cursos d'água urbanos sob a perspectiva
técnica e epistemológica da Engenharia [manuscrito] / Fernanda
Posch Rios. - 2015.

cxvii, 117 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Klebber Teodomiro Martins Formiga; co
orientador Agustina Rosa Echeverría.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Pró-reitoria de Pós
graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Goiânia, 2015.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. HEC-RAS. 2. Inderbitzen. 3. paradigma. 4. processos erosivos. 5.
WebQDA. I. Formiga, Klebber Teodomiro Martins, orient. II.
Echeverría, Agustina Rosa, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese
2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	FERNANDA POSCH RIOS		
E-mail:	fprios@gmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia		
Agência de fomento:	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás	Sigla:	FAPEG
País:	Brasil	UF:Goiás	CNPJ: 08.156.102/0001-02
Título:	Capacidade de suporte de cursos d'água urbanos sob a perspectiva técnica e epistemológica da Engenharia		
Palavras-chave:	HEC-RAS, Inderbitzen, paradigma, processos erosivos, WebQDA		
Título em outra língua:	Support capacity of urban water streams under the technical and epistemological perspective of Engineering		
Palavras-chave em outra língua:	HEC-RAS, Inderbitzen, paradigm, erosion, WebQDA		
Área de concentração:	Estrutura e Dinâmica Ambiental		
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	20/03/2015		
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais		
Orientador (a):	Klebber Teodomiro Martins Formiga		
E-mail:	klebber.formiga@gmail.com		
Co-orientador (a):	Agustina Rosa Echeverría		
E-mail:	echeverria.ufg@gmail.com		

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ total parcial

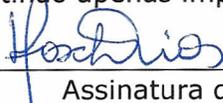
Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: _____

Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



 Assinatura do (a) autor (a)

Data: 20/06/2015

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que me ajudaram durante esta jornada do doutorado. Sendo diretamente em campo, em laboratório, na modelagem computacional, nas transcrições das entrevistas; ou através de um carinho, uma palavra de incentivo e motivação nos períodos mais críticos. Devo reconhecer que foram muitos, porque escrever uma tese exige sacrifícios, consome muito tempo, exclui-se de momentos irrecuperáveis de convivência, de diversão e de ociosidade. Pensar e fazer “nada”, às vezes é muito bom, e o doutorando perde (não sei, ainda, se de forma definitiva) essa capacidade. Deste modo, digo um muito obrigado aos que cooperaram valorosamente com a conclusão de mais uma etapa do meu conhecimento intelectual.

Aos eméritos Professores Dra. Agustina Rosa Echeverría, Dr. Klebber Teodomiro Martins Formiga e Dr. Fausto Miziara, pelas orientações, pelo bom entrosamento, pela proposição de novos direcionamentos nesse programa interdisciplinar, que tanto contribuíram para o meu amadurecimento profissional e pessoal. Assim, como aos demais professores participantes da banca, com suas valiosas contribuições.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), à Perfilados e Ferros Nossa Senhora Aparecida Ltda (PERFINASA), agradeço o fomento financeiro destas instituições, imprescindível em trabalhos alicerçados em pesquisa de campo e experimentos laboratoriais.

Ao Sr. Alonso, responsável pela chácara dos padres, localizada na Rodovia GO-462, que nos recebeu e apoiou durante toda a etapa de monitoramento do trecho do córrego Samambaia. E, também, aos colegas professores do IFG Marcelo Rodrigues de Sousa e Giovane Batalione que foram imprescindíveis nas etapas de levantamento topográfico e coleta de amostras de solos, respectivamente. Assim como aos alunos do IFG Thiago Silva, Thais Melo Luiz, Lia Raquel Pimentel e Luciano Marçal Vicente, que além do apoio técnico, tornaram mais agradáveis as horas de ensaio no laboratório de solos da UFG.

Aos entrevistados: moradores da Vila Alto da Glória, na Cidade de Goiânia, Capital do Estado de Goiás, e aos colegas docentes da UFG e do IFG pela disponibilidade em doarem seu tempo, contribuindo de forma tão competente e proveitosa na construção e articulação do conjunto de saberes que formam a Engenharia Civil.

A todas as primas, colegas e amigas, em especial Linara Rios Porta Dantas, Aline de Arvelos Salgado, Duane Izabel Barbosa, Patrícia Layne Alves Traldi, Indiara Santos de Oliveira, Jussanã Milograna, Sandra Kurotusch de Melo e Celma Cruvinel de Lima que se revelaram filhas / irmãs na cumplicidade, em muitas horas de risos e algumas de lágrimas.

Aos familiares, pelo apoio reconhecido como demonstração de amor incondicional do esposo Paulino Lemes Costa e pela compreensão, pelo carinho e paciência dos filhos Gabriel e Daniel, dos enteados-filhos Fernando e Fabricio, das norinhas ElizaAngela, Daniela e da netinha Isabela. A Deus, por me permitir sentir constantemente e de maneira indubitável Sua presença, Sua grandeza, Sua proteção e Sua benevolência.

RESUMO

RIOS, F. P. (2015). Capacidade de suporte de cursos d'água urbanos sob a perspectiva técnica e epistemológica da Engenharia. Tese de Doutorado, Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. 108p.

O estudo sobre a capacidade de suporte de córregos urbanos foi iniciado com uma abordagem técnica para a formulação de uma metodologia capaz de determinar a capacidade de suporte de córregos urbanos sujeitos a processos erosivos, embasada na identificação da vazão máxima limite, sem extravasamento do canal, como parâmetro determinante da tensão de arraste e dos processos de produção, transporte e deposição de sedimentos. Durante a primeira etapa de trabalho de campo, definiu-se um trecho longitudinal do Córrego Samambaia, localizado na Cidade de Goiânia, Capital do Estado de Goiás, Brasil, para se coletar amostras de solos, realizar ensaios de infiltração e monitorar a variação de nível de água, com o equipamento *HOBO U20*. A etapa de laboratório constituiu-se da realização de ensaios de caracterização física do solo e de simulação de escoamento superficial com o uso do Aparelho de Inderbitzen, para se determinar as taxas de produção de sedimentos. As informações conseguidas nessas duas fases, somadas aos dados provenientes do levantamento batimétrico das seções transversais, e plani-altimétrico das margens e áreas adjacentes do referido canal, foram utilizadas como parâmetros de entrada para a simulação, realizada com o uso do modelo *ID Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS)*, versão 4.1, de modo a se conhecer a capacidade de suporte do Córrego Samambaia. A análise desses dados fez surgir uma nova problemática: os impactos socioambientais provocados pelas atividades da Engenharia Civil, que acendeu uma reflexão epistemológica, extrapolando o enfoque, exclusivamente técnico, sobre as interações entre o Engenheiro Civil o ambiente, em busca de indícios de uma possível mudança para um paradigma que venha colaborar com a redução da vulnerabilidade socioambiental urbana. Desse modo, foram realizadas pesquisas qualitativas, por meio de entrevistas semiestruturadas com um universo amostral constituído por profissionais atuantes na Engenharia Civil e, ao mesmo tempo, docentes de instituições federais de ensino superior, formadoras de novos profissionais desta área. A análise dos dados foi referenciada, principalmente, nas obras de Tomas Kuhn e, como instrumento de análise foi empregado o software *Web Qualitative Data Analysis (WebQDA)*, por favorecer a organização dos dados e o processo de categorização. Os resultados indicaram que o atual modelo adotado pela Engenharia Civil não é capaz de, simultaneamente, atender a expectativa da população, com relação às melhores condições de vida no meio urbano, e responder, de forma positiva, os desafios socioambientais. Concluímos que os conflitos, perante os desafios ambientais, constituem-se indicadores do surgimento de anomalias, no entanto, não há, ainda, a configuração de uma crise paradigmática.

Palavras-chave: HEC-RAS, Inderbitzen, paradigma, processos erosivos, WebQDA.

ABSTRACT

RIOS, F. P. (2015). Support capacity of urban water streams under the technical and epistemological perspective of Engineering. Tese de Doutorado, Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. 108p.

The study began with a technical approach to the development of a methodology to determine the support capacity of urban streams exposed to erosion, based on the identification of the maximum limit flow, without the channel overflowing, as determining factor of drag stress and of processes of production, transport and deposition of sediments. During the first field work stage, we defined a longitudinal section of the Samambaia Stream, located in the city of Goiânia, Goiás State Capital, Brazil, to collect soil samples, perform infiltration tests and monitor the level of variation water, with the HOBO U20 equipment. The laboratory stage consisted of testing of physical characterization of soil and runoff simulation using the Inderbitzen apparatus, to determine sediment production rate. The information obtained in these two phases, together with the data coming from the bathymetric surveys of the cross sections and the topographic survey of margins and of the adjacent areas of said channel have been used as input parameters for the simulation performed with the use of the 1D model Hydrologic Engineering Center - River Analysis System (HEC-RAS), version 4.1, in order to know the support capacity of the Samambaia stream. Then was included in the research problem, an argument involving the social and environmental impacts caused by the activities of Civil Engineering, performing an epistemological reflection, extrapolating the focus exclusively technical, to the assimilation of new insights into the interactions between the Civil Engineer and nature, looking for evidence of a possible change to a paradigm that will contribute to the reduction of urban environmental vulnerability. Thus, qualitative research was carried out through semi-structured interviews with sample composed by professionals working in the Engineering Civil and at the same time, teachers of federal institutions of higher education, forming new professionals in this area. Data analysis was referenced, especially in the works of Thomas Kuhn and also used the software Web Qualitative Data Analysis (WebQDA), by favoring the structuring and the categorization process. The results indicated that the current model adopted by the Civil Engineering is unable to simultaneously meet the expectation of the population, in relation to better living conditions in urban areas, and respond positively to social and environmental challenges. Up until today, conflicts in face of these challenges, constitute indicators of the appearing of anomalies, however, there isn't a setup for a paradigmatic crisis.

Keywords: HEC-RAS, Inderbitzen, paradigm, erosion, WebQDA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Representação de tipos distintos de movimentos dos grãos durante o transporte de sedimentos.....	21
Figura 2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia (Souza, Crispim e Formiga, 2012).	47
Figura 3 - Local de estudo no Córrego Samambaia - Goiânia – GO.	48
Figura 4 – Vista do equipamento <i>HOBO U20 001-01-TI Water Level</i> e das bases de concreto com estrutura metálica e em PVC para o acondicionamento e proteção do equipamento.....	49
Figura 5 – Assentamento do conjunto base, estrutura de proteção e <i>HOBO</i> , de forma discreta junto ao leito do córrego.....	49
Figura 6 – Detalhamento do trecho de 50m escolhido para monitoramento dos níveis de água no Córrego Samambaia.....	50
Figura 7 – Ensaio com infiltrômetro metálico de anéis concêntricos.	51
Figura 8 - Retiradas de amostras indeformadas para ensaio de Inderbitzen.	52
Figura 9 - Acondicionamento das amostras indeformadas.	52
Figura 10 - Umedecimento da amostra indeformada, antes de ser levada ao aparelho de Inderbitzen	53
Figura 11 - Realização do ensaio no aparelho de Inderbitzen.....	54
Figura 12 - Detalhamento das seções interpoladas, a cada metro do trecho escolhido para monitoramento dos níveis de água no Córrego Samambaia	56
Figura 13 – Velocidades de infiltração de testes realizados longe e perto das margens do Córrego Samambaia.....	61
Figura 14 – Representação em <i>box plot</i> da variação dos tamanhos dos grãos de todas amostras analisadas.	63
Figura 15 - – Representação em <i>box plot</i> da variação dos valores de peso específico dos solos analisados.....	63

Figura 17 – Escala para a medida de erodibilidade, estabelecida por meio da análise granulométrica e das medidas de plasticidade em amostras deformadas.	64
Figura 18 - Representação em <i>box plot</i> da diferença de produção de sedimentos em função da classificação dos solos.....	65
Figura 19 – Taxas de produção de sedimentos do primeiro grupo de amostras ensaiadas.	66
Figura 20 - Taxas de produção de sedimentos do segundo grupo de amostras ensaiadas.	67
Figura 21 - Taxas de produção de sedimentos do terceiro grupo de amostras ensaiadas.....	67
Figura 22 – Diferença da taxa média de produção de sedimentos entre os solos marginais e não marginais.	70
Figura 23 – Correlação entre a taxa de produção de sedimentos medida aos 35 minutos de ensaio e a tensão de arraste calculada.	70
Figura 24 – Eventos de chuva selecionados no trecho monitorado do Córrego Samambaia com apresentação da altura da lâmina d’ água medida na seção de montante.	71
Figura 25 – Lâminas d’água observadas e calculadas para o Córrego Samambaia considerando o Evento 1	72
Figura 26 – Lâminas d’água observadas e calculadas na seção de jusante para os Eventos 2, 3 e 4.	73
Figura 27 – Detalhamento das seções do Córrego Samambaia, com suas respectivas vazões máximas.	74
Figura 28 – Tensões de arraste identificadas em cada seção do trecho estudado do córrego Samambaia, mediante a variação da vazão.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Equações para estimativa da descarga sólida de sedimentos	55
Quadro 2 – Classificação dos solos segundo sistema SUCS.....	64
Quadro 3 – Categorias definidas durante a análise de conteúdo	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização física dos solos marginais.....	62
Tabela 2 – Cálculo do erro de estimativa da descarga sólida “Qs” com o uso das equações de transporte de sólidos	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	ESTRUTURAÇÃO DA TESE.....	4
3	REVISÃO DE LITERATURA – ENFOQUES TÉCNICOS.....	7
3.1	Solos – origem e formação.....	7
3.2	Alterações nas configurações geomorfológicas dos rios.....	9
3.3	Ocupação da terra e o impacto ambiental	11
3.4	Processos erosivos em cursos d’água.....	15
3.5	Tensão de arraste na hidráulica fluvial.....	18
3.6	Dinâmica fluvial das vazões e dos sedimentos	20
3.7	Simulação computacional para compreensão dos processos erosivos	23
4	REVISÃO DE LITERATURA – ENFOQUES SOCIOAMBIENTAIS.....	27
4.1	Os movimentos ambientalistas e a busca pela sustentabilidade.....	27
4.2	Complexidade da questão ambiental.....	30
4.3	Reconhecimento da estrutura das revoluções científicas	31
4.4	Aspectos históricos das atividades da Engenharia Civil	33
4.5	Influência das atividades de Engenharia na configuração do espaço urbano.....	37
4.6	Fundamentos metodológicos para a investigação qualitativa	42
4.6.1	Da obtenção dos dados.....	42
4.6.2	Da análise dos dados	43
5	OS CAMINHOS DA PESQUISA.....	47
5.1	Aspectos metodológicos dos trabalhos de campo	47
5.1.1	Caracterização da área de estudo.....	47
5.1.2	Monitoramento do nível de água no canal	48
5.1.3	Levantamento topográfico do canal	49
5.2	Aspectos metodológicos dos trabalhos de laboratório	50
5.2.1	Caracterização física dos solos marginais	50
5.2.2	Quantificação da produção de sedimentos dos solos – uso do Aparelho de Inderbitzen	51
5.3	Simulação Computacional com Modelo HEC-RAS	56
5.4	Investigação qualitativa de aspectos socioambientais da Engenharia Civil.....	58
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6.1	Características físicas de solos marginais correlacionadas com a tensão de arraste e produção de sedimentos	61

6.2	Quantificação da produção de sedimentos dos solos marginais e não marginais	65
6.3	Estimativa da erosão de margem no córrego Samambaia com uso do modelo HEC-RAS 71	
6.3.1	Seleção dos eventos chuvosos monitorados	71
6.3.2	Calibração e validação do modelo computacional HEC-RAS	72
6.3.3	Análise das vazões e das tensões de arraste	73
6.4	Caminhos para o enfrentamento do desafio ambiental pelo profissional da engenharia civil 76	
6.4.1	Categoria 1 - Engenharia Civil e a ciência	77
6.4.2	Categoria 2 - Engenharia Civil perante o desafio ambiental	83
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
8	REFERÊNCIAS	90
9	APÊNDICE	102
9.1	Roteiro de entrevista semiestruturada para coleta de dados da pesquisa intitulada “Reflexões sobre o atual paradigma da Engenharia Civil”.	102
10	ANEXOS.....	105
10.1	ANEXO A - Parecer substanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás da pesquisa intitulada “Reflexões sobre o atual paradigma da Engenharia Civil”. 105	

1 INTRODUÇÃO

A estimativa da capacidade de suporte do ambiente está intimamente relacionada à compreensão da dinâmica das populações e seu relacionamento com os efeitos dependentes da densidade populacional. O primeiro propósito do presente estudo foi o uso da ideia de capacidade de suporte, um conceito oriundo da ecologia, para verificar as limitações para o uso recorrente dos córregos como receptores das águas pluviais urbanas. Aqui, esta limitação foi pautada em uma vazão máxima de escoamento, que não provocasse extravasamento no canal, como parâmetro determinante da tensão de arraste, indicadora do desencadeamento dos processos de produção, transporte e deposição de sedimentos.

Na Engenharia Civil, até recentemente, a atenção dos estudos estava mais voltada para a identificação da vazão máxima à qual determinado curso d'água urbano poderia ser submetido. As pesquisas estiveram sempre focadas na resolução dos problemas oriundos do aumento da vazão provocada pelo excesso de impermeabilização das áreas ocupadas, no entanto, o diferencial nesta pesquisa está em verificar o ponto de equilíbrio da capacidade natural da calha do curso d'água em receber uma vazão acrescida por conta dos escoamentos pluviais gerados com a ocupação urbana. Além disso, também se buscou verificar que a variação da vazão no córrego, e não somente o seu aumento, influencia substancialmente nos valores da taxa de produção de sedimentos.

A maioria dos parâmetros referenciais de estudos nessa área tem seus limites pautados em valores de modelos internacionais, que não concebem as especificidades geográficas reais. O trabalho de campo aqui desenvolvido consistiu na identificação de parâmetros próprios e locais, contribuindo para a construção de indicadores capazes de uma representação mais ajustada com a realidade e, imprescindíveis nos processos de simulações e modelagens computacionais.

A formação acadêmica e profissional de engenheiro civil ainda tem seus alicerces nas observações, nos experimento de campo e de laboratório, com valorização especial dos aspectos técnicos. Assim, a busca por dados quantitativos, amparados em ensaios, testes em equipamentos construídos para simulação da realidade de campo em laboratório e a modelagem computacional em suas bases empíricas pareciam satisfatórios. Porém,

ponderações da autora, junto aos seus orientadores, permitiram um prognóstico de que apenas um olhar técnico poderia não ser suficiente para contemplar todas as complexidades, diversidades e consequências socioambientais oriundas das atividades da engenharia.

Assim, a partir da pressuposição de que os impactos socioambientais poderiam, ainda, não estar sendo considerados pela comunidade científica da Engenharia Civil, como determinantes significativos na definição da limitação do uso dos recursos naturais urbanos e de sua capacidade de suporte, esta pesquisa passou por uma situação típica de investigação científica, em que, de posse de uma nova problemática, surgida no decorrer do desenvolvimento da parte experimental da pesquisa, ou seja, nas etapas de campo e laboratorial, e a partir das reflexões epistemológicas desenvolvidas durante as disciplinas do programa de pós-graduação interdisciplinar, emergiu um novo problema a ser estudado, constituindo-se em mais um patamar de investigação. Ao assumir essa atitude, a tese foi revigorada a partir de uma nova hipótese: o atual paradigma da Engenharia Civil não é capaz de resolver os desafios ambientais.

Considerando que o atual modelo adotado pela comunidade científica formada pelos profissionais da Engenharia Civil ainda é pautado num “otimismo epistemológico”, fundamentado na confiança de que sempre surgirão novas tecnologias capazes de corrigir os impactos ambientais ou que medidas mitigadoras ou compensatórias serão sempre possíveis e suficientes, foi incluída na problemática da pesquisa uma discussão epistemológica sobre os impactos socioambientais provocados pelas atividades da Engenharia Civil na construção do espaço urbano. Assim, estaríamos colaborando com uma reflexão legítima, que de fato poderia contribuir de maneira eficiente para que o profissional da Engenharia Civil percebesse a situação conflituosa inerente às suas atividades, envolvendo a inevitabilidade dos impactos ambientais e confrontando o atual modelo adotado pela Engenharia Civil com a necessidade de atender a expectativa da população de modo a atender a demanda decorrente dos desafios socioambientais.

Inicialmente, o objetivo geral da pesquisa era realizar uma análise técnica dos principais aspectos envolvidos na definição da capacidade de suporte dos córregos urbanos, frente aos processos erosivos em seus solos marginais. E isto foi parcialmente alcançado com uma metodologia de trabalho proposta e aplicada num córrego urbano, no caso o Córrego Samambaia, localizado na região periurbana da cidade de Goiânia, capitado

do Estado de Goiás, Brasil. No entanto, pretendíamos, posteriormente, propor e testar a eficiência dessa metodologia e verificar as necessidades de ajustes, repetindo sua aplicação em outros três cursos d'água, ou seja, Anicuns, Barreiro e Macambira. A pretensão era de se determinar a capacidade de suporte de um córrego urbano com base na resistência mecânica dos seus solos marginais e nas tensões de arraste geradas por suas vazões máximas com limites estabelecidos pelo nível de água, sem extravasamento. Essas propriedades associadas à produção e transporte de sedimentos, bem como às características físicas e geomorfológicas do curso d'água permitiriam a identificação da distribuição de energia desencadeadora do processo erosivo e responsável pela forma de deposição de sedimentos.

Como a extrapolação do enfoque exclusivamente técnico provocou o surgimento de um novo problema de pesquisa foram demandados novos esforços para a reformulação do objetivo geral. Com a incorporação da dimensão socioambiental num contexto puramente técnico buscou-se, junto a representantes da comunidade científica da Engenharia Civil, conhecer as suas diferentes maneiras de conceber a ciência e a relação desta com o meio ambiente. Uma discussão sobre a crise ambiental permitiu a identificação de conflitos oriundos das contradições entre a atuação profissional característica da Engenharia e o cuidado para com a natureza. Ao realizar uma análise conjunta dos fenômenos naturais e humanos, se considerou, de fato, a complexidade interativa desses elementos, revelando que o atual paradigma da Engenharia Civil, com valorização quase exclusiva dos aspectos técnicos, não é capaz de resolver os desafios ambientais relacionados à capacidade de suporte dos recursos naturais urbanos.

A investigação sobre os possíveis indícios de uma crise epistemológica, condutora de uma mudança paradigmática no campo do conhecimento da Engenharia Civil, evidenciou que a educação ambiental e a interdisciplinaridade constituem atualmente importantes diretrizes para assimilação de novas percepções sobre as interações entre o ser humano e a natureza, favorecendo a mudança para novos paradigmas que venham colaborar com a redução da vulnerabilidade socioambiental urbana, e permitam melhor explicitar as contradições e os conflitos sociais, de tal modo que sejam enfrentados e superados.

2 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

O estudo iniciou com o aprofundamento do conhecimento sobre os processos erosivos urbanos, especificamente em solos marginais de cursos d'água, considerando a dinâmica fluvial das vazões e dos sedimentos. Ao relacionar a ocupação urbana e o impacto ambiental buscou-se identificar e discutir diversas produções acadêmicas em distintos campos do conhecimento, para verificar quais aspectos e dimensões vem sendo destacados e privilegiados, em diferentes épocas e lugares, para a Engenharia Civil enfrentar os desafios ambientais promovidos pelo crescimento das cidades.

Concomitante a essa etapa desenvolveu-se o trabalho de campo, de onde foram retiradas amostras deformadas para caracterização física dos solos e amostras inderformadas para identificação da taxa de produção de sedimentos. Em laboratório, por meio do uso do Aparelho de Inderbitzen, foi realizada a simulação de escoamento superficial para se determinar as taxas de produção de sedimentos sob a variação de diversos fatores relevantes para a erosão dos solos como declividade do terreno, vazão, condições de umidade e tipo de solo. Nessa fase foram identificadas diferenças de comportamento (perante a produção de sedimentos) entre os solos marginais e os solos provenientes de locais mais distantes das margens dos cursos d'água, fora da mata ciliar. Também foi possível correlacionar a tensão de arraste, gerada pela variação da vazão no córrego e os valores da taxa de produção de sedimentos.

O agravamento dos processos erosivos, da formação de ilhas de sedimentos e o assoreamento dos cursos d'água provocados pelo aumento da tensão de arraste, decorrente da ampliação da vazão, também foram observados em campo, por meio de outra etapa do trabalho, que consistiu na realização do monitoramento da variação do nível de água num córrego urbano com o equipamento HOB0 U20, conhecido como linígrafo.

Os dados obtidos a partir de levantamento batimétrico e plani-altimétrico da área escolhida para o estudo e de alguns eventos chuvosos selecionados a partir do monitoramento do nível de água foram associados aos resultados das pesquisas laboratoriais e aos cálculos estatísticos e serviram de parâmetros de entrada na etapa de simulação computacional, em que se utilizou o modelo *Hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS)*, que se constitui num modelo unidimensional, de simulação hidrodinâmica, fundamentado nas equações de Saint Venant, que formam a base

dos modelos de propagação de escoamento em canais abertos sob o regime permanente e não permanente. O referido modelo computacional foi usado para a identificação dos locais com possíveis ocorrências de tensões de arraste, para a determinação dos seus respectivos valores em cada ponto do trecho estudado do Córrego Samambaia e para o reconhecimento da capacidade de suporte desse córrego urbano, estabelecida pela máxima vazão sem extravasamento.

Diante das abordagens técnicas defrontamo-nos com um antagonismo no modo de fazer ciência do profissional da Engenharia Civil, pois, apesar de haver o reconhecimento de que as suas atividades são ambientalmente impactantes, esta inevitabilidade coopera para o favorecimento da crença de que novas tecnologias serão sempre capazes de atenuar tais problemas, o que contribui para o agravamento do uso desequilibrado do recurso natural. Assim, perante as contradições e os desequilíbrios identificados na parte técnica desta pesquisa foi realizada a última fase de investigação, que se caracterizou metodologicamente como uma pesquisa qualitativa.

Como instrumento para coleta de dados da etapa de investigação qualitativa foram utilizadas entrevistas semiestruturadas (FLICK, 2009) com o universo amostral compreendido por um grupo de dez profissionais atuantes na Engenharia Civil e, ao mesmo tempo, docentes de instituições federais de ensino superior, formadoras de novos profissionais desta área.

Para a análise dos dados obtidos durante as entrevistas semiestruturadas foi aplicada a técnica de análise de conteúdo temático-categorial (BARDIN, 2011) e teve como referencial teórico o trabalho de Thomas Samuel Kuhn. Na interpretação historicista apresentada pelo autor a ciência é entendida como uma atividade concreta, desenvolvida ao longo do tempo, com peculiaridades, desafios e características próprias de cada época.

A valorização dos aspectos históricos e sociológicos que permeiam a atividade de pesquisa, amparada em aspectos externos à produção científica, foram imprescindíveis para a compreensão das ideias e das formas de atuação de profissionais, cujas atividades estão diretamente relacionadas a questões sociais, como são os da Engenharia Civil. Um enfoque historicista permitiu o reconhecimento de fatores subjetivos que favorecem a explicação em um processo de investigação científica.

Desse modo, foram adotados os conceitos estabelecidos por Kuhn (1989) para o termo paradigma e a estruturação que o autor estabelece para a ocorrência de uma revolução científica e, por meio das assertivas provenientes do grupo entrevistado, procurou-se identificar se eles admitiam as situações conflituosas por nós identificadas entre o desempenho profissional do Engenheiro Civil e seus consequentes impactos ambientais. Foi verificado também se esta área de conhecimento vive atualmente uma crise paradigmática perante as contradições e os desequilíbrios revelados durante a abordagem técnica para o reconhecimento da capacidade de suporte dos córregos urbanos. Foram averiguadas as condutas e os critérios que têm sido adotados por esses profissionais acerca do embate entre o “progresso tecnológico”, a crescente degradação ambiental e as consequências dos processos de urbanização.

3 REVISÃO DE LITERATURA – ENFOQUES TÉCNICOS

3.1 Solos – origem e formação

Um dos agentes físico-químicos do intemperismo que age de forma mais pronunciada junto aos solos tropicais é a água. Seja corrente em córregos e rios ou presente nas ondas dos oceanos, a água reduz rochas grandes a pedaços menores, conservando nas partículas de solo resultantes, a mesma composição da rocha original, sem qualquer alteração em sua composição química. Na Engenharia Civil, as partículas desse tipo são descritas como graúdas, podendo ocorrer em uma grande variedade de tamanhos, desde matações até uma fina poeira de rocha (CRAIG, 2004).

Richards e Peth (2004) ao realizarem a modelagem do comportamento físico do solo com referência particular à Ciência do Solo, afirmam que o solo constitui um material complexo, composto de três fases de interação, a sólida, a líquida e a gasosa, interferentes nos processos que dominam o seu desempenho mecânico, inclusive nas investigações a respeito dos deslocamentos e rupturas mecânicas provenientes de falhas provocadas por tensões cisalhantes. Os autores destacam que na maioria dos casos, o comportamento físico do solo tende a ser explicado por um tratamento ou um processo isolado, ignorando sua interdependência. Isto está, provavelmente, relacionado com a multiplicidade e complexidade das combinações e interações necessárias para se representar completamente a resposta física do solo, às variáveis pertinentes às condições ambientais.

Em climas quentes a presença da flora e da fauna promove o ataque químico, por meio de processos distintos, como hidratação, hidrólise, oxidação, lixiviação, troca catiônica e carbonatação, levando à formação de partículas pequenas, que se diferenciam pelo tamanho e pela composição química e formarão os solos, cujas características dependerão da maior ou menor concentração de cada tipo dessas partículas. (PINTO, 2006).

Em se tratando do intemperismo químico, a água e o dióxido de carbono, presentes na atmosfera formam o ácido carbônico que também reage quimicamente com os minerais da rocha original, transformando-os em novos minerais e sais solúveis. Há de se considerar, ainda, os resultados do intemperismo químico provocado pelas reações dos sais solúveis presentes no lençol freático, e das águas de chuvas aciduladas por ácidos

orgânicos provenientes da ação de micro-organismos decompositores que penetram pelas fraturas. Juntos, esses elementos corroboram na alteração química dos minerais constituintes das massas rochosas transformando-os em fragmentos menores de diversos tamanhos, variando de grandes blocos até partículas muito pequenas de areia, silte e argila. Os agregados não cimentados desses pequenos grãos em várias proporções formam diferentes tipos de solos com propriedades e comportamentos distintos (BRAJA, 2010).

Os solos, produtos do intemperismo, podem permanecer no mesmo lugar de onde foram originados, caracterizando os solos residuais. Porém, se os produtos da exposição ao tempo forem transportados e depositados em um local diferente, eles constituem os solos transportados e sua classificação é estabelecida de acordo com os agentes de transporte, que pode ser a ação da gravidade, do vento e da água (CRAIG, 2004).

O intemperismo mecânico ou químico consiste no processo que prepara e disponibiliza o solo cujo movimento pode ocorrer de diversas formas, que vão desde a erosão superficial de uma encosta desprotegida, aos catastróficos movimentos de massa, como os deslizamentos e os desmoronamentos. Tanto a erosão superficial do solo, como o desmoronamento repentino de uma encosta ou margem de rio, acaba por produzir materiais passíveis de serem transportados e sedimentados mais adiante. As características físicas particulares de cada solo consistem em importantes indicadores nos processos de erosão e transformação da paisagem, e são determinadas pela presença de materiais de dimensões maiores como cascalhos, matacões, bem como a proporção com que cada fração de areia, silte e argila contribui para a sua formação (DURLO; SUTILI, 2012).

O teor de água nos solos marginais é alterado pelo contato natural do escoamento da água com a margem do córrego ou rio, assim como pela variação do nível da água do canal de escoamento em virtude das alterações de vazão. Desse modo, a resistência de arraste das partículas é modificada à medida que se altera a energia do rio. A erosão das margens de rios e córregos, causada pela variação dos fluxos de escoamento pode ser verificada por alterações geomorfológicas nas fronteiras sólidas do canal das seções mais expostas ao desgaste (ANTÃO, 2012).

De acordo com Schaetzl e Anderson (2007), os solos marginais são transportados ou arrastados pela água, apresentando-se em duas formas distintas: em terraços, quando dispostos ao longo do próprio vale do rio, e em planícies de inundação quando formam depósitos mais extensos, com baixa capacidade de suporte e elevada compressibilidade,

susceptíveis à erosão. Os autores asseguram que a formação de aluviões ocorre essencialmente por solos arenosos, bem como por argilosos, comuns nas várzeas dos córregos e rios e, definem, também, que a constituição dos solos marginais depende da velocidade das águas no momento de sua deposição, sendo que próximo às cabeceiras pode ser encontrado material mais grosseiro e material mais fino, sendo este mais facilmente carregado, podendo chegar a distâncias maiores.

3.2 Alterações nas configurações geomorfológicas dos rios

Os rios realizam inúmeras funções vitais, passando pelo fornecimento de água para consumo, saúde, saneamento, necessidades agrícolas, navegação e transporte e usos industriais, sem desconsiderar os aspectos recreativos, estéticos e culturais. Cada rio tem um conjunto distinto de formas de relevo e seu próprio regime comportamental. Alguns apresentam capacidade significativa para auto ajuste enquanto outros têm estruturas geomórficas relativamente simples e limitantes de sua eficiência para adaptações às novas situações de fluxo. Esta variabilidade na estrutura geomorfológica e propensão de adaptação refletem matrizes de possibilidades de conformação da paisagem em que os rios são encontrados.

A consideração específica dos taludes dos cursos d'água, suas variações de declividade, bem como de sua formação geológica resultam em diferentes configurações dos próprios rios, capacitando-os ao ajuste de sua morfologia em graus variados, podendo ampliar a interceptação da água, reduzir a taxa de erosão, de processos deposicionais e de alteração das paisagens, além de determinar o padrão de fonte de sedimentos, zonas de transferência e acumulação (GARY; KIRSTIE, 2005).

Assim como há uma diversidade natural das formas dos rios, a perturbação induzida pelo ser humano aos rios é igualmente variável. Além das ações intencionais, como a construção de barragens, canalização, urbanização, extração de cascalho e areia, as alterações inadvertidas vinculadas às mudanças de uso da terra, remoção de mata ciliar e de vegetação, atreladas à impermeabilização excessiva geram ajustes de fluxo e mudança nos regimes de transferência de sedimentos. Nesse sentido, nos locais onde atividades humanas são dominantes os rios passam a operar como parte de paisagens altamente modificadas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A diversidade inerente à natureza dos rios apresenta-se como mais um desafio na concepção e implementação de programas de gestão de recursos hídricos alicerçados em práticas sustentáveis. Os programas de gestão de rios baseados em seus processos naturais podem produzir resultados mais eficazes, em termos ambientais, sociais e econômicos (CHARLTON; LARGE; FULLER, 2003; FONSTAD; MARCUS, 2010 e DURLO; SUTILI, 2012).

Rogers (2002), em seu estudo sobre adoção de abordagens operacionais ecologicamente viáveis para a gestão da biodiversidade em rios, afirma que a mudança contínua dos ecossistemas é fruto da interação com a atmosfera circundante, incluindo fatores hidrológicos, climáticos, bióticos e geológicos. É necessário o reconhecimento de que esses ecossistemas são abertos, não determinísticos, heterogêneos e, encontram-se, muitas vezes, em estados de desequilíbrio, o que indica uma necessidade de mudança na forma de gestão, abandonando a visão simplista de manutenção de sistemas estáveis, substituindo por uma abordagem que enfatiza a diversidade e o seu fluxo através de escalas temporais e espaciais.

As bacias de drenagem ou bacias hidrográficas são definidas topograficamente, constituindo-se entidades hídricas descritas como a unidade fundamental espacial para o estudo de paisagens. Ao considerar a escala de uma bacia é possível enquadrar as condições de contorno nas quais os rios operam, de modo a compreender o comportamento do rio associando os seus atributos morfológicos. Assim, a Geologia, e o clima regional, entre outros fatores, determinam a topografia, o regime de vazão e de transporte de sedimentos, e a distribuição de energia disponível (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. A bacia hidrográfica como sistema aberto pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão fazendo com que a bacia, esteja continuamente em equilíbrio dinâmico, mesmo quando não perturbada por ações antrópicas. E desta forma, caso venha a ocorrer qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou uma alteração na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (SCHUMM, 1977).

A ação humana causa impactos sobre a saúde dos rios, e mesmo que de forma involuntária, compromete a variabilidade natural dos mesmos, sua integridade estrutural e

alteram o complexo funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Dessa forma, as condições físicas, químicas e biológicas dos rios fornecem uma indicação da realidade ambiental e social das áreas circunvizinhas.

3.3 Ocupação da terra e o impacto ambiental

A identificação da influência dos fatores ambientais e antrópicos sobre os processos erosivos dos solos e sobre a consequente produção e transporte de sedimentos constitui um grande desafio. Sob o olhar da Engenharia Agrônômica, a degradação do solo ocorre pelo arraste das partículas menores e mais ricas em nutrientes e colabora com o decréscimo da fertilidade, com a redução da produção e amplia a necessidade de reposição de fertilizantes e corretivos. A erosão hídrica provoca a perda de solo e reduz a sua espessura, diminui a capacidade de retenção e de redistribuição da água no perfil gerando maiores escoamentos superficiais (SANTOS; NORI; OLIVEIRA, 2010).

No meio rural, o plantio e manejo do solo de modo inapropriado, como a inobservância de curvas de nível ou o desmatamento de matas ciliares, somado a ação das águas da chuva propiciam o arraste do solo e o carreamento de nutrientes e materiais orgânicos, no caso de um solo rico; ou de poluentes e outros produtos indesejáveis, como defensivos agrícolas e fertilizantes, afetando a qualidade da água tanto para o consumo humano como para outras finalidades (CARVALHO; LIMA; MORTARI, 2001 e CARVALHO, 2006).

De acordo com Grove, Harbor e Engel (1988), a dinâmica de uso e ocupação do solo exige estudos para a compreensão dos diversos impactos provocados pela ação antrópica, como a redução da capacidade de infiltração e o aumento do escoamento superficial. Nesse sentido, ao realizar um estudo mais aprofundado dos processos erosivos e de assoreamento dos cursos d'água que cooperam com a diminuição da profundidade de seus leitos e intensificam a frequência dos eventos de cheias e inundações, é preciso valorizar a abrangência da influência de fatores externos, como o potencial de erosividade da chuva, a desagregabilidade e erodibilidade do solo. Já a compreensão da evolução da erosão ao longo do tempo depende de fatores como as características geológicas e geomorfológicas do local e evolução físico-química e mineralógica do solo (CAMAPUM *et al.*, 2006).

Grostein (2001), em suas ponderações sobre a persistência de processos "insustentáveis", destaca a necessidade de cautela durante o processo de urbanização, pois a sustentabilidade de um aglomerado urbano está relacionada com as políticas de parcelamento, uso e ocupação do solo, com o grau de mobilidade da população no espaço urbano e com a disponibilidade de insumos, de estruturas, de equipamentos sociais e serviços para o atendimento às necessidades da população.

Tucci (2004) em sua investigação sobre drenagem sustentável adverte que a forma desorganizada como o aparelhamento urbano é implantado no Brasil, produz um ambiente degradado. E à medida que os limites urbanos aumentam ou a densidade populacional se torna intensa, os impactos ambientais serão ampliados.

Rossetto (2003) afirma que a evolução tecnológica não tem sido suficiente para evitar os problemas referentes a aspectos sociais e de qualidade do ambiente urbano. A falta de planejamento efetivo no processo de urbanização tem reduzido as ações de gestão à execução de obras corretivas, objetivando endireitar situações problemáticas já estabelecidas.

Pedron *et al.* (2004) em seus estudos relacionados com solos, afirmam que no meio urbano o solo desempenha funções importantes, como suporte e fonte de material para obras civis, sustento das agriculturas urbanas e de áreas verdes, meio para descarte de resíduos e armazenamento e filtragem de águas pluviais. Porém, de modo geral, as condições de solo favoráveis às atividades de Engenharia Civil se contrapõem àquelas adequadas ao crescimento das plantas configurando o antagonismo explicitado na questão ambiental, que exige o espaço da multidimensionalidade com resgate das noções de diversidade e de multiplicidade, onde a complexidade da própria vida é composta da inseparabilidade e da complementariedade, ressaltando a importância em se distinguir as diversas dimensões da realidade, integrando-as, sem separá-las e considerando os efeitos de seu mútuo relacionamento.

Há de se considerar também os efeitos da compactação dos solos em áreas urbanas, onde o solo é compactado, por meio da pavimentação do terreno, tornando-se menos permeável de modo a facilitar o tráfego de equipamentos, veículos e pedestres, para a descarga de materiais e para a construção das fundações dos edifícios (USDA, 2000). Assim, o efeito das chuvas não é determinado apenas pelo volume das águas. Há uma influência direta das características do relevo, do solo, da cobertura e do tipo de uso do

solo. Um mesmo volume de água pode resultar em enxurrada devido à impermeabilização do solo em uma área urbana de declividade acentuada e em outra área, com maior capacidade de infiltração, pode escoar de forma laminar (OLIVEIRA, 2007).

Ao estudar a erosão hidráulica em solos coesivos, Julian e Torres (2006), afirmam que a utilização da malha asfáltica provoca a impermeabilização e prejudica a recarga eficiente do solo, o que pode levar à redução do nível do lençol freático e do nível de base dos cursos d'água. A malha urbana forma um corredor para a água da chuva, contribuindo para o aumento da velocidade e do volume da enxurrada, causando forte impacto para o canal, quando comparado à forma original do rio ou córrego, precedente ao processo de urbanização.

Ao identificar as enchentes como processos naturais, Tucci (2005) esclarece o quanto é comum a ocorrência do aumento do nível das águas em rios de médio e grande porte. Nessas situações, o rio extravasa do seu leito menor, ocupando a várzea (leito maior). O problema ambiental ocorre durante o processo de ocupação das áreas ribeirinhas, quando a população desavisada tende a ocupar esse leito devido à sequência de anos sem enchentes ou pelo reduzido custo financeiro dessas áreas, sofrendo prejuízos nos anos de enchentes maiores. As enchentes em áreas urbanas são, geralmente, produzidas pela impermeabilização do solo, pela canalização e retificação dos cursos d'água, que aumentam a capacidade de escoamento da drenagem, e devido a problemas localizados, como a ocorrência de obstruções ao escoamento e projetos inadequados.

Em seu estudo sobre o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, Mata-Lima *et al.* (2007), distinguem uma maior capacidade de infiltração para as bacias rurais, justificada pela presença da cobertura vegetal nos terrenos, que oferece resistência ao escoamento da água precipitada e reduz a velocidade do escoamento superficial. Portanto, as bacias rurais produzem pouco escoamento comparativamente às bacias urbanas, onde a interceptação da precipitação pela cobertura vegetal é fundamental para redução da quantidade e do impacto provocado pela enxurrada.

Em sua pesquisa sobre alternativas de controle de inundações urbanas, Milograna (2009), descreve que as enchentes urbanas constituem-se, atualmente, um dos impactos ambientais mais pronunciados, uma vez que a urbanização, ao ocupar as áreas de fundo de vale, planícies de inundação e vertentes, cria condições favoráveis ao desencadeamento do processo. Há que se considerar, ainda, a dinâmica processual do vale fluvial, a qual

envolve a atuação do curso d'água e os processos morfogenéticos atuantes na esculturação das formas de relevo dos interflúvios, que representam a ação dinâmica externa sobre topos e vertentes. Desse modo, o vale não se restringe a receber as influências do fluxo que ali escoam, mas expressa as influências advindas das forças morfogenéticas que atuam nas suas margens, e interferem, também, na dinamização das vertentes.

Em um estudo em escala de bacia hidrográfica dois conjuntos de condições de contorno precisam ser estabelecidos, sendo o primeiro amparado na identificação de fatores como o relevo, a declividade e morfologia do vale, que irão influenciar diretamente a energia potencial de uma paisagem, podendo contribuir para a concentração ou dissipação de energia de fluxo. O segundo conjunto de condições de contorno está focado na vazão e em particular, no fluxo de sedimentos e em seu regime de transferência, fornecendo identificação do regime de escoamento, que por sua vez, sofre grande influência da configuração do clima.

Os efeitos da ocupação de terras e uso do solo, de maneira desordenada, têm constituído estudos centrados nas consequências da ampliação de áreas impermeabilizadas da bacia hidrográfica, no aumento do escoamento superficial gerador das vazões de contribuição aos canais de drenagem pluvial e nas decorrências das inundações urbanas. No entanto, evidencia-se a necessidade de investigações mais aprofundadas que irão contribuir com a determinação da capacidade de suporte dos córregos urbanos frente aos processos erosivos promovidos pela ampliação de suas descargas, pois os problemas resultantes da má utilização dos recursos naturais, no meio urbano, demandam medidas urgentes e realçam a importância de se valorizar a relação entre a conservação do meio ambiente, o bem-estar social e a economia, tornando explícita a inadequação dos atuais modelos de pesquisa, planejamento urbano, construção e gestão.

O ciclo hidrológico natural é constituído por diferentes processos físicos, químicos e biológicos. Quando o ser humano é inserido neste sistema, ao ocupar a terra e se concentrar no espaço, produz grandes alterações que modificam este ciclo e causam impactos significativos. A compreensão da ocupação desordenada do meio urbano como uma ação desencadeadora de impactos ambientais relaciona a água aos principais impactos. Portanto, a ocupação de áreas ribeirinhas e de espaços com grandes inclinações, como morros urbanos sujeitos a deslizamentos, irão criar situações que alteram diretamente

a qualidade de vida da população como inundações, processos erosivos e assoreamentos com geração de áreas degradadas.

3.4 Processos erosivos em cursos d'água

Merritta, Letcherb e Jakemanb (2003), ao revisar os modelos matemáticos que descrevem a erosão e o transporte de sedimentos definiram quatro processos erosivos principais, sendo eles: (1) superficial ou laminar, (2) em sulcos, (3) por ravinamento e (4) de fluxo.

Os processos erosivos gerados pelo escoamento em cursos de água abrangem a erosão lateral, com remoção direta dos sedimentos das margens e a transferência de carga proveniente do leito do canal. Na erosão de fluxo uma maior quantidade de sedimento entra na corrente de fluxo, devido à queda de trechos marginais resultante da erosão das margens. Durante os períodos de alta vazão, uma grande proporção do sedimento, que é transportado através da rede de fluxo, pode ter origem a partir do próprio canal, ampliando o potencial existente dos processos erosivos marginais (MERRITTA, LETCHERB E JAKEMANB, 2003).

Hancock (2012), ao realizar estudos de modelagem numérica sobre a concentração de sedimentos em escoamentos em canais identificou que padrões de precipitação têm um efeito bem reconhecido na erosão, na qualidade de água e no transporte de sedimentos ressaltando, portanto, a importância do foco na compreensão dos impactos da mudança climática nos eventos de chuva para examinar como o ciclo hidrológico global responderá às alterações climáticas. O modelo numérico CAESAR que simula a erosão, deposição e alterações da qualidade da água foi aplicado no referido estudo, onde se avaliou vários cenários diferentes de precipitação para um período de retorno de até 1000 anos. Os resultados revelaram que o aumento da intensidade e da quantidade de precipitação amplia as taxas de transporte de sedimentos, porém, a previsão da carga anual de sedimentos foi variável e não linear, mas dentro dos intervalos prognosticados para a região estudada. Em termos de impacto provocado pelo aumento das chuvas e tempestades o modelo confirma que a alta intensidade das chuvas colabora para o aumento da quantidade de sedimentos na saída e indica que uma maior descarga pode reduzir a concentração dos mesmos. Pequenas diferenças na introdução dos dados operaram como resultado de forças externas e internas

em que os diversos eventos de precipitação e sua respectiva produção de sedimentos sofreram mudanças rápidas nas taxas e padrões de erosão e confirmaram a necessidade de compreensão da dinâmica de auto ajuste do canal.

Lane *et al.* (2007) afirmam que diversas pesquisas (STOVER; MONTGOMERY, 2001, MACKLIN; LEWIN, 2003 e O'CONNELL *et al.* 2005) têm sido realizadas envolvendo os impactos geomorfológicos do aumento de vazão dos rios e de inundações, bem como a influência nas inundações de jusante provenientes de diferentes práticas de manejo da terra como, por exemplo, mudança de uso do solo, desmatamento e urbanização. No entanto, os autores recomendam que uma maior atenção seja dada às interferências da configuração do canal do rio sobre os efeitos de inundação e sua extensão. Além de entender o impacto das mudanças climáticas sobre a inundação, é também importante considerar os efeitos de alterações na geometria do canal, especialmente em sistemas em uso prolongado, com altas taxas de produção, transporte e deposição de sedimentos. O pequeno número de publicações que ponderam sobre esta questão, bem como a deficiência de sua consideração em estudos de mapeamento de risco de inundação, reforça a necessidade de aprofundamento nessa área de estudo. Isto pode ser devido à visão tradicional de que a transferência de sedimentos causa apenas uma perturbação temporária no equilíbrio morfológico do canal, cujas áreas transversais conseguirão se ajustar devido às características do fluxo, das margens e do próprio transporte de sedimentos para a jusante, através do sistema fluvial. Contudo, as evidências geomorfológicas dos processos de aluvião, indicam o potencial de assoreamento durante curtos períodos de tempo, e a desatenção para com esse processo tem levado a uma subestimação da magnitude e frequência de inundações (CHARLTON; LARGE; FULLER, 2003; FONSTAD; MARCUS, 2010).

Constantine, Dunne e Hanson (2009) em suas pesquisas sobre migração de meandros usando os dados do Rio Sacramento, Califórnia, EUA, relacionaram a taxa média de velocidade de migração vertical próximo às margens fluviais através da utilização de um coeficiente de erosão da margem. Ao examinarem o significado físico do referido coeficiente concluíram que ele é dependente de características físicas mensuráveis dos materiais de contorno de canal, indicando a possibilidade de ser estimado a partir de dados de campo, permitindo a predição da taxa de migração de meandros para sistemas em que não estão disponíveis dados históricos ou cujas condições de controle foram alteradas. O coeficiente de erosão das margens reflete as propriedades geotécnicas do material das

margens (LARSEN; GRECO, 2002), além de ser influenciado pelos efeitos da vegetação sobre o fluxo próximo à margem, o que amplia sua resistência à força de arraste (MICHELI; KIRCHNER, 2002 e MICHELI; KIRCHNER; LARSEN, 2004). O coeficiente pode também variar de acordo com outras características do canal, tais como a altura da margem, a declividade e a largura do canal e a disponibilidade de sedimentos para um ponto de deposição a jusante (WALLICK; LANCASTER; BOLTE, 2006). Segundo Thorne e Tovey (1981), os fatores que condicionam a erosão das margens fluviais são numerosos, destacando: a granulometria dos sedimentos, a geometria e a estrutura da margem, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e as condições climáticas.

Karmaker e Dutta (2012), em seus estudos sobre modelagem de erosão em margens de rios, afirmam que o arraste de partículas nas margens de grandes rios aluviais pode ter contribuição significativa da erosão de escoamento, que ocorre simultaneamente com a erosão fluvial. Os autores destacam que a exposição do solo frente à ação da água facilita a remoção de materiais, provocando falhas ou deslocamentos das partes inferiores das margens. Durante a fase de subida do hidrograma, a água do rio se infiltra e fica armazenada entre os vazios do solo, e na fase de recuo, esta água armazenada retorna para o rio que atravessa a camada com alta velocidade de escoamento e condutividade, o que desencadeia o processo erosivo (Fox *et al.*, 2006).

Outra forma de escoamento que deve ser considerada é a vazão lateral devido ao aumento de nível do lençol freático, provocado pelo processo de infiltração nas planícies aluviais ou mesmo planaltos (FOX *et al.*, 2006; WILSON *et al.*, 2007). A remoção posterior de sedimentos e materiais deslocados pelo escoamento do seu local de origem é ainda mais importante para a erosão provocada pelo escoamento (MIDGLEY *et al.*, 2012).

Hummel, Duan e Zhang (2012) utilizando de simulação computacional com modelos de fluxo instável para o transporte de sedimentos verificaram que em regiões áridas, com rios efêmeros, os eventos de grande pluviosidade apresentam potencial para transporte de grandes quantidades de sedimentos devido à força exercida sobre os sedimentos do leito do rio, provocadas pelo aumento da vazão e do nível da água. Este rápido movimento de sedimentos altera a forma, pode desestabilizar o canal e erodir as suas margens ou estruturas hidráulicas situadas em seu leito ou próximo ao canal. Os autores identificaram que a deposição de sedimentos diminui a profundidade útil do canal,

contribui para o aumento da tensão de arraste nas margens do canal e faz crescer os níveis de elevação de fluxo, aumentando a probabilidade de inundação e enchentes nos arredores.

3.5 Tensão de arraste na hidráulica fluvial

Brunner (2010) afirma que a tensão de cisalhamento pode ser também reconhecida como força trativa, ou tensão de arraste. Assim, a tensão de arraste “ τ ” é definida como a força da água escoada superficialmente que é resistida pelo atrito do solo e, quando em equilíbrio, é igual em magnitude e oposta em direção. Na hidráulica fluvial, a tensão de arraste “ τ ” consiste em um parâmetro que representa a relação entre a força exercida tangencialmente numa partícula submersa e a unidade de área da mesma, forçando-a ao movimento. A tensão crítica de arraste “ τ_c ” é definida quando as forças geradas pelo fluxo atingem o limite das forças que se opõem ao início do movimento e a identificação deste parâmetro é fundamental nos dimensionamentos em que se busca a estabilidade de um canal e de suas margens (CORTES, 2004). Uma partícula situada no leito ou nas margens de um canal está sujeita à sollicitação de forças hidrodinâmicas do escoamento e de forças resistentes.

Antão (2012) em seu estudo para a seleção e dimensionamento de estruturas de proteção de margens de rios observou que a força de arraste que atua na direção e sentido do escoamento consiste na força mais influente na incipiência do movimento, o que também foi registrado por Einstein (1950). Desse modo, é possível relacionar a tensão de cisalhamento com os processos erosivos marginais, pelo fato dela ser a causa determinante do início do desprendimento das partículas desses solos, que são transportadas pelo fluxo de água após a desagregação.

Leonard e Richard (2004) ao estimarem o escoamento superficial gerador da tensão crítica de cisalhamento em solos, reconhecem que a concentração desse escoamento provoca a degradação da estrutura superficial do solo, conduzindo a uma diminuição progressiva de suas capacidades de infiltração e de armazenamentos em depressões, sendo, por conseguinte, um importante fator desencadeador dos processos erosivos, o que agrava a exportação de sedimentos para os canais de drenagem e áreas adjacentes, causando danos frequentemente relatados. Os autores explicam que a maioria das pesquisas dedicadas à erosão de fluxo concentrado, tem sido dedicada aos processos que regulam a geração de

escoamento, em sua concentração e recomendam mais estudos para uma melhor compreensão da resistência ao descolamento do solo submetido ao escoamento superficial.

Diversos pesquisadores como REGO, 1978; FÁCIO, 1991; SANTOS, 1997; BASTOS, MILITITSKY e GEHLING, 2000; FRAGASSI; MARQUES, 2001; SANTOS; SOBREIRA e COELHO NETO, 2002, PAIVA, 2006; CHUQUIPIONDO, 2007 e FERNANDES, 2011 têm utilizado o aparelho de Inderbitzen, cujo nome está associado ao seu idealizador, para estudar a desagregação de partículas do solo, quando submetidas a escoamentos superficiais.

Carvalho *et al.* (2006) explicam que o modelo original desse aparelho foi proposto por Inderbitzen (1961), com o objetivo de medir a erosão de uma amostra de solo. Este tipo de equipamento, também mencionado como erosômetro, possibilita a simulação de vários fatores relevantes para a erosão dos solos como declividade do terreno, vazão, condições de umidade e tipo de solo. Fragassi (2001) e Chuquipiondo (2007) asseguram que as diversas mudanças na confecção e na metodologia do ensaio de Inderbitzen proporcionaram ganho no tempo de realização do ensaio, na economia de água, sem o comprometimento dos resultados. Neste estudo, o ensaio de Inderbitzen foi escolhido por permitir simular, de forma eficiente e direta, o efeito do escoamento provocado pela variação da vazão dos córregos urbanos sobre a superfície dos solos marginais, com relativa simplicidade e rapidez. O ensaio, neste aparelho tem como princípio de funcionamento a simulação do escoamento superficial de uma lâmina d'água uniformemente distribuída sobre uma rampa, onde se encontra posicionada tangencialmente ao seu plano e em sua extremidade inferior, uma amostra de solo, podendo ser compactada ou indeformada. A erosão superficial e a consequente perda de sedimentos iniciam quando lâmina d'água que atinge o corpo de prova provoca uma tensão de arraste cujo valor é superior ao crítico. A vantagem de utilização desse aparelho é a possibilidade de variação de vazão e de inclinação da rampa, o que permite obter, em laboratório, a taxa de produção de sedimentos em intervalos de tempos pré-determinados em uma situação de relativa semelhança ao campo.

Além dos custos financeiros de tratar a instabilidade das margens de um canal e os impactos à jusante, gerados pela produção acelerada de sedimentos, há uma crescente preocupação para com a sustentabilidade da biodiversidade aquática e de ecossistemas ribeirinhos, afetados pela sedimentação. Alterações na morfologia do canal e nas taxas de

variação e padrões "naturais" dos rios podem ter um impacto significativo sobre sua integridade ecológica, podendo reduzir sua capacidade de suporte ecológico (HOYLE; BROOKS; SPENCER, 2012).

Em anos mais recentes tem havido uma busca pelo aprofundamento do entendimento dos processos erosivos, com ênfase ao intemperismo, ao transporte e à deposição de sedimentos. A utilização de técnicas de medição e identificação de taxas em que tais processos operam possibilitam análises quantitativas das formas da superfície do solo e das características dos materiais de que são compostos. Assim, amplia-se o propósito científico de ir além da reconstrução da história do planeta Terra, passando a procurar a compreensão dos processos envolvidos na moldagem da forma da superfície do solo e dos contornos dos cursos de água.

Solos e sedimentos desempenham um papel importante na gestão de recursos hídricos, com forte influência na qualidade da água. A associação da turbidez da água com a presença de contaminantes, a interferência negativa em habitats aquáticos, os danos causados pela sedimentação em reservatórios, assim como os prejuízos oriundos de eventos de erosão estão todos ligados às propriedades dos sedimentos e seus comportamentos frente à variação de vazão.

3.6 Dinâmica fluvial das vazões e dos sedimentos

A movimentação dos sedimentos à jusante de um curso de água, ilustrada na Figura 1, constitui um processo conhecido como transporte de sedimentos. Este transporte ocorre pelo rolamento, tração ou saltitação dos grãos ao longo do fundo do canal, constituindo a carga de leito ou pela suspensão dos grãos, mantido pela turbulência do fluxo, com períodos sem contato com o fundo do leito, constituindo a carga suspensa. Muitas equações usadas para determinar a capacidade de transporte de sedimentos caracterizam-se pela indicação da carga total, combinando a carga de leito e a carga suspensa (BRUNNER, 2010). A carga de sedimento em suspensão ou dissolvida nos cursos fluviais é obtida pela ação erosiva que as águas desempenham sobre a bacia de drenagem, as margens fluviais e o fundo dos leitos, especialmente.

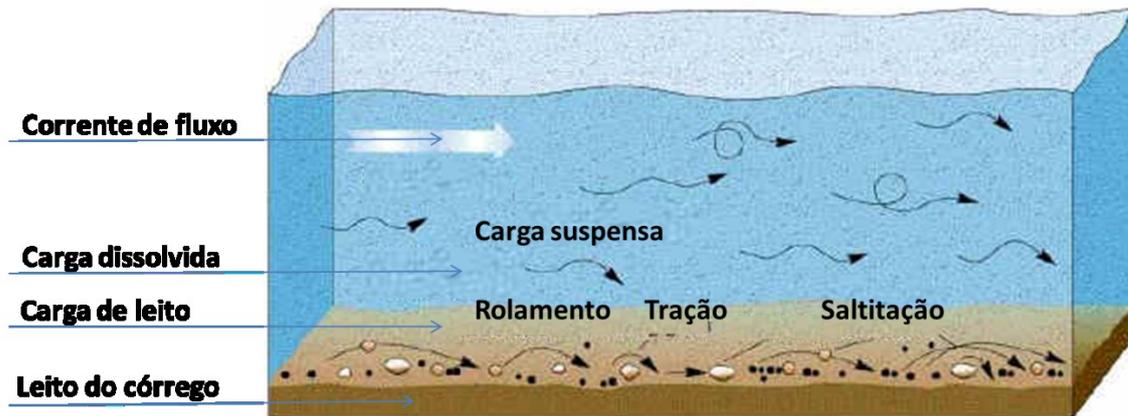


Figura 1– Representação de tipos distintos de movimentos dos grãos durante o transporte de sedimentos
Adaptado de Geography, (2012).

A capacidade de transporte de sedimento consiste numa taxa volumétrica ou em massa de sedimentos que o rio pode conduzir. Se a descarga de sedimentos em um canal é maior do que a sua capacidade de condução, ocorre a deposição de sedimentos, caracterizando uma perda de transporte, o que limita a aptidão do canal para transmitir o fluxo e aumenta o risco de inundações. Em geral, diversos fatores podem estar envolvidos na redução da capacidade de transporte, tais como: mudanças na seção transversal, constrições de fluxo devido a estruturas inseridas no canal, alterações deletérias na rugosidade ou um maior fornecimento de carga de sedimentos, causada por mudanças no uso do solo à montante (BENNETT, 2012).

Graff (1996) comenta que Du Boys em 1786 já havia realizado estudos avançados considerando a intervenção do conceito de resistência de cisalhamento no início dos movimentos das partículas, porém naquela época suas ponderações não se tornaram populares, o que só veio ocorrer após a publicação dos trabalhos de Schoklitisch em 1914.

Sturm (2010) explica que Shields em 1930 conduziu estudos em canais experimentais para definir o início do movimento de partículas com base em seu peso específico. No referido estudo foi estabelecido o parâmetro de Shields, que pode ser interpretado como a taxa de tensão de cisalhamento para o peso específico do grão submerso, dividido pela sua unidade de área superficial em condições críticas de início de movimento da partícula. Porém os dados originais tabulados por Shields e a maneira em que ele obteve a tensão crítica de cisalhamento foram perdidos durante a segunda guerra mundial. Além disso, a metodologia descrita em sua tese de doutorado são vagas e algumas vezes contraditórias mantendo essa matéria com algumas controvérsias. (KENNEDY

1995, apud STURM, 2010). O autor cita também o trabalho de Kramer (1935), em que a tensão de cisalhamento crítica foi obtida em laboratório por meio de observação visual imediatamente após o início do movimento da partícula ou por meio da medida da extrapolação da taxa de transporte de sedimentos até zero, sugerindo a provável utilização da mesma metodologia adotada por Shields (1930).

Uma mudança de paradigma se tornou necessária ao se perceber a necessidade de inclusão da influência da turbulência de uma forma mais explícita na tentativa de se esclarecer melhor o movimento incipiente das partículas. É mérito de Einstein (1950), que percebeu essa lacuna nas teorias de transporte e passou a incorporar o conceito de turbulência. No entanto, devido à falta de uma boa teoria para explicar a turbulência naquela época, o cientista a incluiu de uma maneira indireta, por meio de leis estatísticas baseadas em observações, em vez de uma dedução teórica. Dessa forma, as equações de transporte de sedimentos propostas por Einstein são puramente probabilísticas e, portanto, diferente da representação através de mecânica estatística utilizados na dedução de leis termodinâmicas. Sua equação é a base para a maioria das equações de transporte de sedimentos usadas até hoje. Seu método requer cálculos matemáticos sofisticados, o que dificulta sua incorporação em modelos computacionais. Trata-se de uma abordagem probabilística, que calcula o grau de certeza para vários valores de capacidade de transporte de sedimentos (STURM, 2010).

Outras equações comumente usadas para determinação da capacidade de transporte de sedimentos são empiricamente derivadas de dados de campo ou da hidráulica de canais abertos, onde são estabelecidas relações entre a capacidade de transporte de sedimentos, suas características físicas e variáveis ambientais, tais como: velocidade, vazão, tensão de cisalhamento, o tamanho médio e a forma de grãos, entre outras. Bagnold (1966) introduziu a abordagem de fluxo de energia, nela o transporte de sedimentos é relacionado com a quantidade de energia que um fluxo tem disponível para o transporte de determinada quantidade de sedimentos (STURM, 2010).

Engelund e Hansen (1967), Ackers e White (1973), e Yang (1973), derivaram suas equações de transporte de sedimentos da teoria da Bagnold (1966). O método da força trativa, investigado no estudo também considerou o enfoque de energia de fluxo. Nele, a tensão de arraste foi usada para definir o início do movimento e o ponto onde o canal deixa de ser estável (GYR; HOYER, 2006 e STURM, 2010).

Segundo TUCCI (2004), o ciclo hidrossedimentológico envolve o deslocamento, o transporte e o depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia, sendo este intimamente ligado ao ciclo hidrológico. Canais fluviais são abastecidos pelo lento escoamento do lençol freático, sendo estes abastecidos por águas pluviais infiltradas no solo ou na rocha, ou diretamente pelo escoamento superficial das águas pluviais. Estas formas de escoamento podem ser vistas como meio de dissipação de energia da qual a água está provida ao se deslocar horizontalmente e verticalmente, sob a ação da força gravitacional.

Uma partícula situada no leito ou nas margens de um canal está sujeita à solicitação de forças hidrodinâmicas do escoamento e de forças resistentes. As tensões atuantes são diferenciadas em tensões de arraste, entendida como uma força hidrostática, e em velocidade, considerada como uma força hidrodinâmica. Antão (2012) e Goudie (2004) estabelecem que o início do movimento de uma partícula é diretamente associado à força de arraste que atua na direção e sentido do escoamento.

A valorização da natureza geomorfológica dos processos de transporte de sedimentos em meio fluvial abre novos caminhos para os estudos de problemas de engenharia evidenciados a partir das alterações globais, e o desenvolvimento de modelos e sistemas disponibiliza uma série de novas tecnologias para análise de dados e materiais.

3.7 Simulação computacional para compreensão dos processos erosivos

A análise *in situ* é necessária para desenvolver uma compreensão da erosão e transporte de sedimentos. Porém, a dificuldade da abrangência integral dos impactos provocados pela geração, transporte e deposição de sedimentos em processos de ampliação de vazão e de inundação é devida ao fato da descarga de sedimentos sofrer influência de muitos fatores, tais como topografia da planície de inundação, características hidráulicas do canal, densidade de vegetação, frequência e duração do evento de inundação, a concentração de sedimentos em suspensão e particularidades dos processos deposicionais.

O uso de simulação numérica, para o estudo da quantificação dos sedimentos fornecidos durante um evento de chuva, permite o acompanhamento das diversas etapas do processo de erosão, transporte e sedimentação. Com a utilização de um modelo computacional é possível a previsão das profundidades de deposição, dos efeitos da

sedimentação e do volume total de sedimentos produzidos, de uma maneira segura, próxima da realidade de campo, com redução dos custos financeiros e do tempo consumido no estudo.

O Corpo de Engenheiros do Instituto de Recursos Hídricos das Forças Armadas dos Estados Unidos (USACE) foi formado em 1964 para institucionalizar o conhecimento técnico do quadro de engenheiros que foram para o USACE, após a Segunda Guerra Mundial. Preocupados em evitar a dissipação de informações técnicas e garantir a continuidade do desenvolvimento tecnológico relacionado a atividades em recursos hídricos, a Organização iniciou seus trabalhos com a criação e apresentação de cursos de formação e, mais tarde, começou a produção do que passou a ser conhecida como família de *software* do Centro de Engenharia Hidrológica (HEC). Desse modo, pacotes de *software* foram desenvolvidos, sendo que os primeiros foram HEC-1 (hidrologia das bacias hidrográficas), HEC-2 (hidráulica fluvial), HEC-3 (análise de reservatório para a conservação) e HEC-4 (programa de geração de vazões estocástica). No prazo de dez anos após a criação, também foram adicionados ao *software* ferramentas para a aplicação de métodos analíticos para as atividades de planejamento associada à Engenharia de Recursos Hídricos (*Hydrologic Engineering Center*, 2013). Ao comparar o Sistema de Análise de Rios do Centro de Engenharia Hidrológica (HEC-RAS) com outros renomados programas de Engenharia Hidrológica utilizados dentro e fora do Brasil, é possível verificar que se trata de um modelo computacional bem conhecido e bastante aplicado pelo meio técnico. Atualmente, o HEC-RAS consiste em um *software* livre, bem documentado, com constantes incrementos e atualizações, sendo as mais recentes o suporte ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), a análise da qualidade da água e o transporte de sedimentos, sendo este último introduzido na versão 4.1 em 2011.

O HEC-RAS é um modelo unidimensional de simulação hidrodinâmica, fundamentado nas equações de *Saint Venant*, que constituem a base dos modelos de propagação de escoamento em canais abertos sob o regime permanente e não permanente, e inclui a condição de fundo móvel em situações de consideração do transporte de sedimentos (BRUNNER, 2010).

Hoyle, Brooks e Spencer (2012) utilizaram o HEC-RAS como modelo hidráulico unidimensional no estudo de modelagem da variabilidade da mobilidade de sedimentos, como abordagem prioritária nos projetos e obras de reabilitação de rios australianos. Os autores reconhecem a limitação da capacidade do modelo para prever detalhes relativos às

taxas de transporte de sedimentos, no entanto, asseguram sua satisfação com o modelo para a determinação do potencial relativo ao arrastamento de sedimentos, o que é útil para a compreensão dessa dinâmica. No referido estudo, um fator crítico na modelagem hidráulica foi o cuidado com a representação topográfica do canal do rio e de sua planície de inundação, pois isso influencia tanto o sistema hidráulico de inundação, quanto a extensão da área de inundação, confirmando que quanto mais detalhada a representação do modelo de terreno, melhor é o resultado da modelagem.

Horritt e Bates (2011) indicam que a topografia é tão importante quanto a representação do processo para prever a extensão da inundação, e que um modelo simples pode ser usado com bons resultados, mas atenção especial deve ser direcionada para a definição do coeficiente de rugosidade. Os autores asseguram que tem havido poucos trabalhos práticos envolvendo atributos físicos na definição de coeficientes de atrito para inserção e desenvolvimento em modelos hidráulicos, o que acaba reduzindo o alcance da variabilidade espacial da morfologia e vegetação ciliar de cada canal.

De acordo com McKean e Roering (2004), a tecnologia de altimetria por *laser scanner*, que fornece dados topográficos de alta resolução como o LiDAR, (*Light Detection And Ranging*), tem sido bastante aplicada na avaliação de riscos de deslizamentos. Assim como nos estudos de morfologia do leito do canal (CHARLTON; LARGE; FULLER, 2003), e erosão de margens (FONSTAD; MARCUS, 2003, 2010). Croke *et al.* (2013), utilizaram a referida tecnologia combinada com o modelo de fluxo hidráulico unidimensional HEC-RAS para avaliação dos padrões espaciais de erosão, deposição e mudança morfológica resultante de um evento de inundação catastrófica ocorrida em *Lockyer Creek*, uma bacia localizada no sudeste de *Queensland*, na costa oriental da Austrália, em janeiro de 2011. O estudo permitiu o fornecimento de uma expressão representativa do equilíbrio entre erosão e deposição, além de possibilitar a identificação da redistribuição de sedimentos, o que é extremamente difícil de quantificar usando as ferramentas tradicionais de padrão planimétrico, ou estudos limitados às seções transversais do próprio canal. Os pesquisadores afirmam que até o presente momento, o mapeamento preciso das mudanças morfológicas tem ocorrido de forma mais eficaz em rios de leito de cascalho e em trechos relativamente curtos, porém, asseguram que os atuais avanços inquestionáveis na resolução de dados, com a utilização de ferramentas computacionais, permitem que praticamente qualquer processo que produza uma mudança

geomórfica de magnitude maior do que os limites mínimos de detecção apresentam potencial para ser estudado.

Li Chen, *et al.* (2012) ao avaliarem os impactos das escalas temporais de duração de vazão na estimativa de produção de sedimentos com uso do modelo HEC-RAS, verificaram que a erosão e o transporte de sedimentos nos canais são mais evidenciados em eventos efêmeros com alto fluxo, curta duração e baixa frequência, caracterizando, portanto, o transporte instantâneo de sedimentos. Os pesquisadores indicam que dados de campo que relacionam este tipo de transporte instantâneo são escassos, difíceis de obtenção e financeiramente dispendiosos e, com isso, os dados conseguidos de carga de leito e de transporte de sedimentos são ainda frequentemente baseados na vazão de pico anual, ou no fluxo médio diário. Os resultados da modelagem mostraram que a capacidade de transporte de sedimentos em eventos geradores de grandes fluxos efêmeros, pode ser estimada de maneira mais eficiente, quando calculada com base na duração do escoamento a partir de 15 minutos, ao invés de média diária.

O transporte de sedimentos suspensos apresenta propriedades de um fenômeno complexo, onde a concentração de sedimentos e a duração da suspensão dependem principalmente da vazão hidráulica, mas também são controlados pelas características das partículas vinculadas à velocidade e ao fornecimento de sedimentos a montante (LANE *et al.*, 2007). As características químicas das partículas minerais e dos colóides orgânicos que são destacados e transportados influenciam a coesão desses pequenos agregados, bem como, o tamanho, a forma e a organização espacial dessas partículas e agregados, que determinam a resistência de fricção e indicam que a tensão crítica de cisalhamento está relacionada com estes fatores (LEONARD; RICHARD, 2004).

4 REVISÃO DE LITERATURA – ENFOQUES SOCIOAMBIENTAIS

4.1 Os movimentos ambientalistas e a busca pela sustentabilidade

Os movimentos ambientalistas tomaram força a partir da segunda metade do século XX motivados, principalmente, pela constatação da contaminação da água e do ar em países industrializados. O chamado Clube de Roma, formado por um grupo de cientistas, na década de 1960, utilizou de modelos matemáticos para relatar os riscos de um crescimento econômico contínuo, baseado na exploração de recursos naturais esgotáveis. Explicitando a necessidade de contenção do crescimento demográfico e do consumismo, realçavam o risco do planeta sucumbir diante dos efeitos caóticos da poluição. Mas a defesa do crescimento a qualquer custo sempre existiu e o seu discurso previa a abundância eterna dos recursos naturais, defendia o surgimento contínuo de novas tecnologias capazes de reverter o quadro de degradação ambiental e considerava como sem fundamento as preocupações com o meio ambiente, pois atrasariam o desenvolvimento tão urgente e necessário (SACHS, 2008).

Durante o encontro de Founex (1971) e mais tarde na Conferência de Estocolmo (1972), as posições extremistas foram descartadas e nascia o paradigma do meio, o ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável com abordagem fundamentada na proporcionalidade entre os objetivos sociais, ambientais e econômicos. Nesse caso, o questionamento a respeito de crescimento é referente à sua natureza de grande concorrência, entre as empresas dominadoras de vários mercados ou países, aliada à ausência de sustentabilidade, ou seja, a atenção deve residir nas escolhas que precisam ser ecologicamente prudentes e socialmente justas, não perdendo o foco sobre as finalidades sociais do desenvolvimento, do cuidado com o futuro, garantindo uma economia política ampla e consciente (SACHS, 2002; 2008).

No entanto, se houve evolução na aceitação da teoria proposta para o desenvolvimento sustentável, ainda é evidente a falta de progressos nessa prática. Desde as duas conferências das Nações Unidas sobre o meio ambiente é notável a ampliação da devastação ambiental, pois não existe uma neutralidade política, devido ao fato de se viver em uma economia público-privada, na qual as decisões, os projetos e, principalmente os investimentos de capital têm uma multiplicidade de atores com interesses distintos e conflitivos (FOLADORI, 2001; SANTOS, 2012).

Santos (2012), afirma que o crescimento econômico, representado pelo aumento da riqueza, não pode ser confundido com desenvolvimento, o aumento do Produto Interno Bruto não se traduz em progresso e bem estar para todos e que o modelo capitalista não resolve problemas ambientais. Assim como o regime democrático tem de ser mais do que o direito elementar de depositar um voto numa urna e precisa significar acesso à saúde, educação, bem-estar. O autor afirma que esta parte da democracia foi sequestrada pelo neoliberalismo e o capitalismo consiste em uma economia anti-solidária, anti-verde e anti-humanitária. A sociedade civil é apenas o “apêndice do capitalismo”, permanecendo evidente a hegemonia dos bancos, do agronegócio e das grandes corporações.

Quarenta anos separam a Conferência das Nações Unidas de Estocolmo da Conferência Rio +20 para o Desenvolvimento Sustentável, promovida em 2012. Porém, em seu documento final, os chefes de estado e de governo simplesmente renovaram o compromisso com o chamado e atualmente muito questionado “desenvolvimento sustentável” e acenaram para a promoção de um futuro economicamente, socialmente e ambientalmente sustentável para o nosso planeta e para as gerações presentes e futuras. Também foi reafirmada a necessidade de se alcançar o desenvolvimento sustentável por meio da redução das desigualdades, elevação dos padrões básicos de vida e promoção de desenvolvimento social equitativo com modelos de inclusão (JACOBI; SINISGALLI, 2012). Porém, a sustentabilidade evoca constância, uma situação de equilíbrio ininterrupto o que nos impele para a necessidade de avanço para além das promessas e compromissos referentes à erradicação da pobreza e das desigualdades, recorrentemente explicitadas a partir da definição das Metas do Milênio e das questões que estão colocadas para mudanças na lógica prevalecente da economia global.

Pelicioni (1998), em seus estudos sobre educação ambiental, afirma que o termo qualidade de vida é um conceito abrangente, que transcende o conceito de padrão de vida, de satisfação das necessidades materiais e envolve a saúde física e mental, as relações sociais, de dependência e as crenças pessoais. Na avaliação da qualidade de vida é preciso considerar a capacidade de uma determinada sociedade em proporcionar a seus indivíduos oportunidades de realização pessoal no sentido psíquico, social e emocional, garantindo-lhes um nível de vida aceitável. Da mesma forma, a desigualdade de condições urbanas de vida pode ser exteriorizada como desigualdade ambiental.

Nos objetivos traçados para a educação ambiental na Carta de Belgrado (1975), é muito valorizada a capacidade do homem de identificar e adquirir novos valores e comportamentos e aplicá-los a situações relacionadas ao meio ambiente global, assim como é valorizada a competência dos indivíduos e grupos em avaliar, participar e perceber suas responsabilidades, direitos e deveres para a solução de problemas ambientais (REIGOTA, 2009).

A educação ambiental entendida no sentido amplo e com cunho político estabelece a identidade tanto do elemento participativo, quanto do reflexivo e tem expectativa na autonomia do cidadão para sua intervenção direta na busca de soluções que lhe garantam uma vida digna. É contínua a necessidade de análise das relações sociais, políticas, econômicas e culturais entre a humanidade e a natureza para a superação dos mecanismos de controle e dominação e permitir a participação livre e consciente da comunidade. Desse modo, o meio ambiente passa a ser percebido como um lugar onde os aspectos naturais e sociais estão em constante interação (REIGOTA, 2009).

Vitte e Keinert (2009) advertem que um mínimo de bem-estar material e de conforto é necessário para se avançar no debate da qualidade de vida, porém, é preciso analisar a dimensão política da qualidade de vida, que envolve aspectos relativos ao planejamento e às práticas de gestão pública, à democracia, ao fortalecimento da cidadania e à luta pelos direitos sociais, pois, somente com esse viés interdisciplinar será possível deixar o foco restrito da busca de possibilidades de melhoria das condições de vida do homem na cidade, e alcançar um processo de recriação do verdadeiro sentido de cidade, de urbano, do planejamento e da gestão governamental.

Ao se considerar a opulência aplicada para limpar, despoluir, recuperar, mitigar ou corrigir situações que poderiam ser evitadas nota-se que a forma devastadora com que o homem tem tratado o planeta é de fato, insustentável. Seja sob o olhar ambiental ou econômico, ao projetar o ambiente a ser construído é preciso ponderar todas as opções realmente sustentáveis de modo a garantir o ganho coletivo (MATTHEWS, *et al*, 2010).

Seager, Selinger e Wiek (2012) afirmam que o avanço da ciência de engenharia sustentável requer uma mudança na orientação, não na forma de reducionismo e especialização intelectual, mas no surgimento de abordagens integradoras com a ciência, educação e tecnologia, de forma a se construir uma consciência ética que se estenda além dos limites habituais da ética profissional ou da conduta responsável de pesquisa, com

adoção de abordagens preventivas e adaptáveis para consequências não intencionais decorrentes de inovações tecnológicas, o que resultará em sistemas mais resilientes. Há de se cultivar a experiência interacional de modo a facilitar a troca interdisciplinar.

4.2 Complexidade da questão ambiental

Morin (2002) reconhece que a complexidade ainda é uma abordagem marginal no pensamento científico, epistemológico e filosófico. No entanto, do ponto de vista epistemológico o pensamento complexo constitui uma exceção adotada inicialmente por Gaston Bachelard, pelo fato deste admitir que não há nada simples na natureza, somente o simplificado. Dentro da questão ambiental a complexidade não é trazida como receita ou como resposta e, sim, como um desafio e uma motivação para reflexão, uma ferramenta eficiente que substitui a simplificação e traz o esclarecimento sobre um tema que consiste numa incontornável provocação. Colocada entre a Engenharia e o meio ambiente, a complexidade retrata a incompletude do conhecimento e se mostra capaz de articular e identificar as diferenças entre os aspectos técnicos, humanos e socioambientais evitando o pensamento simplificante ou sua redução mutilante.

A necessidade de entender o meio ambiente como um sistema complexo contradiz o positivismo lógico na busca de unidade entre as áreas de conhecimento e na tentativa de uniformidade do saber (MORIN, 2005). Trazendo para a questão ambiental, a complexidade constitui uma perspectiva epistemológica condutora da compreensão a respeito das possibilidades de avanço do conhecimento nessa temática. Para o enfrentamento do desafio ambiental é necessário a desconstrução de paradigmas dominantes, de modo a valorizar o diálogo entre os diversos conhecimentos que permitam analisar a dinâmica dos sistemas ambientais de forma complexa.

A tentativa de superação do entendimento de natureza como simples condição de recursos para a produção segue estimulada pela ecologia política formulada por Loureiro (2012) que define a natureza como aquilo que nos antecede e que de nós independe, cuja dinâmica ecológica pode sofrer interferências e até ser transformada, mas que acima de tudo, precisa ser conhecida e respeitada de modo que sua exploração e uso sejam realizados de maneira compatível à sua capacidade suporte e de regeneração.

Para Morin (2005) a humanidade está convocada a assumir uma posição diante da complexidade da relação ser humano/natureza. Nessa perspectiva todos devem ser levados

a responder aos grandes desafios. O estímulo do potencial criativo do ser humano provocará o surgimento de novas idéias a ponto de se colocar em prática novas condutas. Para o autor é imprescindível o reconhecimento de que a missão para reverter o quadro de destruição praticado por gerações contra a natureza demandam uma interlocução imediata entre as ciências sociais e as diferentes áreas do saber, em busca de novos instrumentos teóricos e metodológicos.

Diante do exposto corroboramos com as afirmações de Colombo e Bazzo (2001) e Morin (1996) que afirmam que se a simplicidade não funciona mais, não é capaz de responder as questões colocadas, então é preciso passar ao “elo da espiral cibernética”, ou seja, a outros princípios do pensamento. Pois, se as disciplinas técnicas isoladamente não estão sendo suficientes para resolver de maneira eficaz aos desafios ambientais que tem surgido ultimamente, é preciso recorrer ao diálogo entre elas, à interdisciplinaridade, de onde emergirão conhecimentos mais elaborados.

4.3 Reconhecimento da estrutura das revoluções científicas

A contextualização histórica é relevante para a compreensão do avanço do conhecimento científico. Intrinsecamente na Engenharia Civil quando se deseja incluir as questões relacionadas aos desafios ambientais o pensamento complexo também ajuda nessa abordagem. Na tentativa de superação das perspectivas da lógica e do empirismo, trazemos uma interpretação historicista, fundamentada em Kuhn (2006) que distingue a ciência enquanto uma atividade concreta, desenvolvida ao longo do tempo com peculiaridades, desafios e características próprias de cada época. A consideração da importância dos aspectos históricos e sociológicos que permeiam a atividade de pesquisa, amparada em aspectos externos à produção científica superam um espectro de natureza simplista, cumulativo e linear tão comum nas ideias relacionadas ao entendimento de como ocorre o progresso do conhecimento.

No presente estudo a análise de concepções científicas de profissionais da Engenharia Civil sobre os problemas ambientais gerados pelas atividades dessa profissão foram baseados na epistemologia legitimada por Thomas Kuhn. As ideias defendidas pelo epistemólogo auxilia a compreensão dos comportamentos e das formas de atuação de profissionais, cujas atividades estão diretamente relacionadas a questões sociais, como são os da Engenharia Civil. A teoria desenvolvida por Kuhn (1989) em sua obra "A Estrutura das Revoluções Científicas", publicada em 1962, explica a sua concepção de como ocorre

a evolução da ciência. É preciso ressaltar que para o autor a dinâmica do conhecimento científico não segue uma trajetória linearmente evolucionária e esta evolução também não se apresenta de forma constante. O que há é a sequência de ciclos alternando períodos de ciência normal, com práticas bem definidas; surgimento de anomalias, com a configuração de uma crise epistemológica; episódio de uma revolução científica que será resolvida com o surgimento de um novo paradigma e trará o retorno ao período de ciência normal.

Segundo Kuhn (1989), um paradigma inclui: um conjunto próprio de leis científicas; regras para aplicar essas leis à realidade; normas para usar instrumentos científicos; certos princípios metafísicos e filosóficos, pois apresenta pressupostos gerais sobre o funcionamento do universo. Para o autor a história de uma disciplina científica é uma sucessão de paradigmas que direciona toda uma forma de se fazer ciência e regula o trabalho científico de determinada área de investigação. Ao assumir um paradigma o cientista, pesquisador ou mesmo o profissional adota-o como modelo de investigação e de atuação para desenvolver sua atividade.

O aceite de um paradigma por uma determinada comunidade científica revela sua visão do mundo. Segundo Kuhn (1989), o estabelecimento de um novo paradigma no campo científico, contribui para a adoção ou o desenvolvimento, por parte da comunidade científica de novas opiniões e procedimentos com base em objetivos comuns desse novo modelo. No decorrer deste processo os cientistas revelam, de forma sistemática, a teoria para confrontar a realidade. Nesse período, denominado pelo autor de ciência normal, os cientistas atuam dentro do paradigma reconhecido pela comunidade científica a que fazem parte, e avançam dentro de problemas que o paradigma assumido permite detectar.

Contudo, o período de ciência normal é interrompido com o que o autor chama de anomalias. Constituem as provas inesperadas que surgem naturalmente, ou seja, aquilo que não tem explicação ou justificativa dentro do paradigma adotado. Configuram uma incompatibilidade com o resultado esperado pelos cientistas. Estas anomalias podem ser ignoradas por determinado tempo, deixadas de lado, porém, em algum momento passam a chamar a atenção dos cientistas, principalmente quando põem a prova os seus trabalhos, ou quando a comunidade científica ao analisar os problemas que surgem se depara com questões que o paradigma não consegue resolver. Quando estas anomalias saem do controle e o paradigma existente não consegue mais resolvê-las, instala-se uma crise que só será resolvida pela emergência de um novo paradigma.

A revolução científica ocorre a partir do diagnóstico de impossibilidade de resolução de uma anomalia, configurando a terceira fase do desenvolvimento da ciência. Com a chegada de uma revolução científica, a compreensão da realidade tende a se alterar com a criação de novos paradigmas. A adaptação dentro deste paradigma inicia um novo período de ciência normal, que se mantém até que uma nova crise se instale. Vale ressaltar, quanto ao exposto, que para Thomas Kuhn "[...] a transição sucessiva de um paradigma a outro, por meio de uma revolução, é o padrão usual de desenvolvimento da ciência amadurecida" (KUHN, 1989).

Para Kuhn, entender as ciências é conhecer sua prática, seu funcionamento e seus mecanismos. É compreender o comportamento do cientista, suas atitudes e suas decisões. Com a compreensão da prática do cientista, é possível a elucidação dos mecanismos internos do desenvolvimento da ciência com a valorização dos aspectos históricos e sociológicos que permeiam a atividade científica nas ponderações dos estudiosos da epistemologia científica. Kuhn (2006) desafia o modelo formalista, restrito às perspectivas da lógica e do empirismo e estabelece que a constituição de um paradigma está nas realizações científicas globalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem modelos de problemas e de soluções para uma comunidade de praticantes de uma determinada ciência ou profissão.

4.4 Aspectos históricos das atividades da Engenharia Civil

É possível identificar e caracterizar a atividade de Engenharia em qualquer cultura e em cada espaço e tempo histórico, mesmo antes do século XVIII, quando ainda não tinha recebido essa designação (TIMM, 2005). A ocorrência do início da Engenharia é considerada a partir de demandas do homem primitivo em criar instrumentos que lhe permitisse suprir algumas privações e viver melhor, de modo a obter conforto e segurança. O vocábulo “engenharia” está ligado ao termo latino *ingenium* e significa engenhosidade; consiste na arte de aplicar conhecimentos empíricos e científicos, além de certas habilitações específicas, para a criação de estruturas, dispositivos e processos utilizados para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas (BAZZO; PEREIRA; von LINSINGEN, 2000).

As atividades de Engenharia Civil abrangem a concepção, construção e manutenção de obras, como estradas, pontes e edifícios; abarca uma área interdisciplinar que envolve uma multiplicidade de conhecimentos, incluindo solos, recursos hídricos, estruturas e

outros campos de atuação. Na história antiga, a perícia técnica era limitada e a maior parte das construções era realizada por artesãos, com utilização, quase exclusiva, de trabalho manual, devido à inexistência de máquinas sofisticadas; naquela época, as obras de Engenharia exigiam o emprego de um grande número de trabalhadores durante um período prolongado de tempo. Segundo Telles (1994), a Engenharia Civil, quando considerada como arte de construir, é comprovadamente tão antiga quanto o homem, mas, quando elevada ao conceito de conjunto organizado de conhecimentos embasados cientificamente para aplicação à construção, ainda é muito recente.

Cunha (2009), ao descrever as histórias das construções, afirma que as pirâmides do Egito marcam o suposto início das atividades predecessoras da Engenharia Civil². A Grande Muralha da China, construída por volta de 200 a.C., também é incluída como uma conquista da Engenharia antiga. Ao relacionar obras antigas de Engenharia, não se pode deixar de mencionar as contribuições do Império Romano com o abastecimento de água e captação de águas servidas³ (SWANSEA UNIVERSITY, 2006).

Uma primeira abordagem científica relacionada com a Engenharia foi praticada por Arquimedes, oriundo do período helenístico, quando decorreu a formação do Museu de Alexandria, em que, pela primeira vez na história, buscou-se compilar os conhecimentos produzidos com os avanços da ciência, da literatura e da medicina em uma instituição de caráter científico criada e financiada pelo Estado. Por considerar o conhecimento como parte do tesouro real, os governantes egípcios valorizavam sua importância para manutenção, ampliação e organização de suas conquistas territoriais. Nesse período, no âmbito do desenvolvimento do conhecimento, os conteúdos, explicações e teorias, adquiriram bases voltadas para as aplicações técnicas (ANDERY *et al.*, 2007).

A partir do século III, com o declínio do Império Romano, os povos que dominavam a Europa ocidental não apresentavam características favoráveis ao progresso

² As estruturas monumentais erguidas em pedra durante 2800-2400 a.C. podem ser consideradas como a primeira grande obra construída pelo homem. Na antiguidade, a busca pela eficiência no transporte de materiais foi relevante e impulsionada pelo desenvolvimento da roda; iniciando uma sequência de notáveis aperfeiçoamentos técnicos, como a criação da alavanca e da polia, contribuindo para a consolidação do emprego da pedra na construção e favorecendo a realização de grandes obras arquitetônicas posteriores (CUNHA, 2009).

³ Os onze aquedutos construídos, totalizavam 502 quilômetros de extensão e forneciam uma vazão diária pressuposta em 1.127.220m³ de água (BOOKER, 1963). Equivalente ao extraordinário esforço de abastecimento público de água, também foi desenvolvido um sistema de captação de águas servidas (com uma técnica de edificação de canais legada dos etruscos), a construção da famosa Cloaca Máxima também foi usada para dragar uma região pantanosa da cidade e encaminhar o esgoto para as águas do Rio Tibre (HÖSEL, 1990, *apud* EIGENHEER, 2009).

da Engenharia⁴. Durante o período medieval, na região ocidental⁵, houve poucas manifestações representativas do desenvolvimento da Engenharia, cujas atividades ficaram limitadas à construção de mosteiros, castelos e fortificações e não colaboraram com inovações às técnicas já anteriormente dominadas. A interrupção da política expansionista fez com que o urbanismo medieval sofresse influência dos processos de despovoamento, regressão urbana, criação de feudos e ascensão da Igreja Católica (ANDERY *et al.*, 2007).

Nos séculos XI e XII, as estruturas feudais estavam consolidadas e as terras permaneciam como símbolo de riqueza. Nesse período, o melhoramento de técnicas de produção e o aumento populacional favoreceram a intensificação do comércio, a reorganização das cidades e o surgimento de iniciativas para a reparação de estradas existentes com abertura de novos caminhos, passagens e pontes. Surgem ordens religiosas especializadas na construção de pontes, como os italianos *Fratres Pontifices*.

No apogeu clássico da cristandade medieval, a Igreja Católica criou a Universidade, e no século XIII, elas se espalharam pela Europa. O método utilizado por Santo Tomás de Aquino, influenciado pelas obras aristotélicas e agostinianas, era bem conceituado com os estudos abrangendo vários campos da filosofia natural, porém, a fé persistia como limite da razão, sustentando uma espécie de vazio intelectual, impregnado de misticismos, superstições e credulidades (ANDERY *et al.*, 2007).

No Renascimento, a Engenharia adquiriu um caráter sistemático com base tecnológica. Nessa nova perspectiva, destacam-se os trabalhos de Leonardo da Vinci⁶ e Galileu⁷, cujos métodos de pesquisa podem ser considerados como o marco inicial da Engenharia científica. (LUCERTINI; GASCA; NICOLÓ, 2004; TIMM, 2005). Na transição do feudalismo ao capitalismo, a marca de riqueza passou a ser o dinheiro,

⁴ Com as invasões bárbaras, os grandes proprietários de terras buscavam se afastar dos conflitos que frequentemente assolavam as cidades, dando início a um processo de ruralização, o que fez com que diversas regiões da Europa, por volta do século V, passassem a apresentar baixa densidade populacional com desenvolvimento urbano quase insignificante (MINGUEZ FERNANDEZ, 2009).

⁵ Na Europa oriental, as civilizações coexistiram e suas organizações econômico-político-religioso-sociais eram diferentes. Ali, a religião não assumiu o papel monopolizador do conhecimento, constituído de um modo mais prático e utilitário, com o desenvolvimento de técnicas de irrigação, canalização, imprensa, e de objetos como relógio, bússola, entre outros (ANDERY *et al.*, 2007).

⁶ Com um grande interesse em aviação e balística, Da Vinci contribuiu muito com a Engenharia, tanto civil, como militar. Foi o precursor da análise estrutural, em sua tentativa de utilizar noções elementares da estática para a avaliação das forças atuantes e reações internas de um elemento estrutural (LUCERTINI; GASCA; NICOLÓ, 2004).

⁷ Outro grande colaborador da Engenharia moderna foi Galileu Galilei, com estudos sobre balística, hidráulica, resistência dos materiais e mecânica (TIMM, 2005).

substituindo as terras⁸. A Universidade, como contemporânea dessa transição, surgiu num momento em que a Europa dos dogmas e do feudalismo era conduzida ao renascimento do conhecimento, e à racionalidade científica beneficiada pela redescoberta da filosofia clássica dos gregos, favorecendo a criação de um novo saber que serviria ao mundo moderno surgindo entre o fim do feudalismo dogmático e a consolidação do liberalismo capitalista (BUARQUE, 1994). Em 1747, foi criada na França, a primeira escola superior de Engenharia Civil do mundo, à *École des Ponts et Chaussées*⁹, onde foram compilados e difundidos os conhecimentos da época sobre técnicas de construção e analisados os avanços decisivos da tecnologia de materiais de construção, destacando a ligação entre as propriedades dos materiais usados na Engenharia e o progresso de suas técnicas de utilização (BAZZO; PEREIRA; von LINSINGEN, 2000).

A Engenharia antiga já se encontrava baseada em atividades com um conteúdo de natureza estabelecida entre o intuitivo e o empírico, com uso dos recursos naturais e com foco maior na experiência prática acumulada, adquirida na construção de pontes, fortificações, estradas, canais, entre outros. Em todas essas manifestações pioneiras de uma Engenharia pré-científica deve-se admitir uma aplicação mínima de princípios e cálculos elementares, pois suas atividades afins pressupõem certo grau de desenvolvimento das instituições sociais e de sistematização dos conhecimentos. Pode-se afirmar que a especificidade científica da Engenharia só teve início com o consenso de que aquilo que era feito com empirismo e intuição na realidade era proveniente da regência de leis físicas e matemáticas, que precisavam ser estudadas e explicadas, o que ocorreu com a revolução do conhecimento operada por Galileu¹⁰ no final do século XVI, dando início à ciência moderna e funcionou como sustentáculo à proposta newtoniana.

⁸Nas condições peculiares da Inglaterra, séculos XV a XVII, as propriedades politicamente constituídas foram substituídas por uma forma puramente econômica, fazendo com que os produtores ficassem sujeitos aos imperativos do mercado e não à oportunidade de produzirem para o mercado, caracterizando os primórdios do capitalismo (BRENNER, 1976).

⁹A França tornou-se referência na engenharia de pontes; o *Corps des Ponts et Chaussées*, criado por Luís XIV, para realização de serviços de manutenção das estradas e pontes do reino, viria a dar origem a *École des Ponts et Chaussée*.

¹⁰Galileu influenciado por Euclides e Arquimedes criou métodos matemáticos para resolução de problemas de balística, hidráulica e mecânica; com o desenvolvimento do telescópio reuniu dados suficientes para questionar a teoria aristotélica e apoiar o sistema astronômico heliocêntrico já proposto por Nicolau Copérnico, com todas as implicações pertinentes ao risco da contradição da doutrina oficial da Igreja, defendeu os processos lógicos racionais contra o dogmatismo e a autoridade, propondo a separação entre fé e ciência (ANDERY *et.al*, 2007).

4.5 Influência das atividades de Engenharia na configuração do espaço urbano

Já nos tempos primórdios, o homem, subsidiado por atividades precursoras da Engenharia, procurou substituir às moradas frágeis e transitórias por habitações construídas com materiais resistentes e destinadas a um maior tempo de permanência possível, reduzindo seu comportamento nômade, e dando origem às aglomerações humanas politicamente formalizadas. Esse panorama sociocultural configura as primeiras modalidades da existência urbana com o intuito de atender as necessidades de caráter econômico, social, político e geográfico (WILLIAMS; FIGUEIREDO e TREVELYAN, 2013).

Nos séculos XV e XVI, com as transformações ocorridas no mundo durante o período das grandes navegações, as relações entre os continentes foram alargadas e permitiram a expansão do comércio e o intercâmbio econômico e cultural, influenciando a configuração das cidades. No século XVIII as estruturas e concepções das cidades europeias passaram por alterações, pois a Revolução Industrial e as novas formas de produção modificaram a distribuição da população rural e urbana; os problemas sociais e econômicos foram agravados com as elevadas concentrações urbanas, ampliando a frequência de epidemias, violências, revoltas e conflitos. A cidade assumia uma imagem negativa, por já ser compreendida como um lugar de fragmentação da comunidade e de desigualdade social (RONCAYOLO, 1985). Nesse período, é iniciado o processo de reconhecimento dos princípios higienistas como forma de intervenção positiva no espaço físico urbano, o que influenciou visivelmente a política e a sociedade, originou uma transfiguração ideológica e fez com que esse pensamento médico-higienista passasse a interferir nas práticas médicas, na construção e reconfiguração das cidades, inicialmente na Europa e mais tarde no Brasil. O efeito do movimento higienista na alteração da forma de projetar e de construir adverte para um empreendimento de esforços por parte dos profissionais da Engenharia Civil, em busca de melhores condições de vida para a sociedade, evitando a proliferação de doenças, reduzindo seu contágio e o número de perdas materiais e humanas. A ascensão dos preceitos da cidade saudável, sob a influência da educação sanitária, inspirou uma mudança de paradigma na Engenharia Civil.

Pesquisadores interessados em realizar estudos sobre a ordenação do espaço urbano nas cidades brasileiras, sob a influência do discurso higienista¹¹, como Oliveira Sobrinho (2013), Costa (2012), Bresciani (2009), Mastromauro (2009) e Salgado (1990), também identificaram mudanças de entendimento ocorridas aqui¹², a partir do século XIX. Do movimento higienista, surge uma nova percepção da natureza e da cidade; o discurso médico passa a promover uma alteração na representação da doença e da saúde, em função das teorias médicas dominantes na Europa. A cidade passa a ser considerada a principal fonte de doenças físicas e morais, constituindo, portanto, um espaço a ser tratado e curado, necessitando de submissão a verdadeiras “cirurgias urbanas” (COSTA, 2012).

Nos dias atuais, a Engenharia prossegue conclamada para atuar como mediadora entre as estruturas da organização econômica e social. Ao compreender as atividades e técnicas que precederam à Engenharia, é possível perceber que ela foi progressivamente absorvendo a influência dos fatores econômicos - recursos naturais, trabalho, capital e se estabelecendo a partir de condições concretas em busca de especialização em ramos conectados com os setores da economia.

As cidades continuam enfrentando grandes problemas com a concentração da população em espaços reduzidos e a ocupação desordenada, o que estende a competição pelos recursos naturais, amplia as áreas impermeabilizadas, aumenta o volume de escoamento das águas pluviais, eleva a taxa de produção de sedimentos, deteriora a qualidade da água e contribui com os processos erosivos. O medo urbano marcado pelo comportamento alarmado constantemente provocado pelas ameaças de doenças, pestes e epidemias ainda existe em muitas partes do mundo e do nosso próprio País, porém passamos a conviver também com o perigo iminente (e fisicamente mais próximo do que acreditamos) dos deslizamentos, dos processos erosivos e das inundações frequentes.

O envolvimento com intervenções urbanas que podem vir a acentuar as ameaças rotineiras de perdas materiais e humanas, não configura uma situação confortável para os profissionais da Engenharia Civil. E nessa conjuntura, perante a reivindicação do

¹¹ O movimento higienista corresponde a uma série de teorias, normativas e formulações, que dizem respeito à adequação dos espaços aos princípios de salubridade, higienização e embelezamento. Estes princípios, junto às teorias sobre o contágio e a proliferação de doenças, deram início a uma nova forma de pensar e de gerir os espaços, sobretudo o das cidades, por ser este o lugar em que ocorriam as epidemias que assolavam e dizimavam um grande número de seus habitantes (de SÁ, 2008).

¹² As cidades brasileiras existentes na época, foram influenciadas pela chegada da família real portuguesa e pela abertura dos portos brasileiros ao comércio com as nações amigas de Portugal. O Brasil começa a fazer parte das rotas comerciais inglesas, atinge um novo patamar de civilização e passa a adotar princípios higienistas, de modo a garantir as condições para manter ou abrir novos circuitos econômicos.

crescimento econômico e a necessidade de conservação do meio ambiente, está instaurado um desafio para essa comunidade científica. Moreira Junior (2010), em suas reflexões sobre o aspecto social e ambiental nas cidades contemporâneas, afirma que o processo de produção do espaço urbano atual gera o conflito entre o espaço socialmente produzido e o espaço natural, visto que no presente momento, não há respeito pelos limites específicos para expansão da urbanização, e mesmo os limites geográficos ou naturais são ultrapassados pelas técnicas e engenharias, ou seja, a própria forma do chamado espaço natural se altera pela ação antrópica no espaço produzido.

Santos (2012) afirma que o crescimento econômico, representado pelo aumento da riqueza, não pode ser confundido com desenvolvimento e o aumento do Produto Interno Bruto, não se traduz em progresso e bem-estar para todos. Ao se considerar a opulência aplicada para limpar, despoluir, recuperar, mitigar ou corrigir situações que poderiam ser evitadas nota-se que a forma devastadora que o planeta tem sido tratado é de fato, insustentável. Seja sob o olhar ambiental ou econômico, ao projetar, ocupar e construir é preciso ponderar todas as opções ambientalmente menos impactantes, de modo a garantir o ganho coletivo.

Porto e Pacheco (2009), em seus estudos sobre os conflitos e injustiça ambiental no Brasil, tratam das contradições na implantação de projetos de "energia limpa", como os agros combustíveis; usinas hidrelétricas; parques eólicos e a energia nuclear, nomeando os impactos sociais, ambientais e de saúde, que estruturam o que os autores, de maneira provocativa, denominam de "injustiças da sustentabilidade". Porto, Finamore e Ferreira (2013) acreditam que o reconhecimento das injustiças ambientais constitui uma forma de interligar as bases materiais da sustentabilidade com as questões econômicas, sociais, culturais e filosóficas, relacionadas com as noções equivocadas de progresso. Os autores advertem para a inevitabilidade de transformação da visão hegemônica do atual modelo de crescimento econômico, com seus processos de produção e consumo, baseados na globalização da economia mundial, motivadoras de iniquidades sociais que fragilizam diferentes regiões e populações, sejam na sua condição de trabalhadores ou de moradores de áreas afetadas.

Rigotto (2009), ao apontar os riscos ocupacionais e ambientais provocados pela localização inadequada de determinadas indústrias, afirma que o aprofundamento do debate acerca da sustentabilidade ambiental e da justiça socioambiental colaboram para uma percepção mais crítica à respeito do crescimento econômico, traduzido

ocasionalmente de maneira deturpada, como sinônimo de progresso, sem levar em consideração outras possibilidades de realização da vida humana no planeta, que permitiriam alcançar outras concepções e modelos de desenvolvimento mais justos, sustentáveis e saudáveis. Porto e Soares (2012) ao concordarem com a necessidade de mudança do modelo de desenvolvimento, perante a gravidade e a complexidade de problemas socioambientais urbanos, reconhecem que a atual ideologia produtivista e consumista, que ainda retrata a noção de desenvolvimento, é pautada num otimismo tecnológico e numa visão utilitarista e fragmentada da ciência.

Essa visão, também, é pertinente aos engenheiros civis, numa expectativa conveniente de que o crescimento econômico, somado ao conhecimento científico e à difusão de tecnologias sofisticadas podem se reverter em melhoria das condições de vida de toda a população de uma cidade, especialmente aquelas domiciliadas em regiões mais vulneráveis. De acordo com Gonçalves (2012), é preciso vencer a primazia dada à economia mercantil e a ideia de sustentabilidade ambiental precisa ser abarcada, apesar dos interesses contraditórios nela implicados e de seu caráter usualmente retórico.

A reflexão sobre o dualismo configurado entre a prática da construção civil e a conservação do meio ambiente, ainda, é incipiente. Nos diversos modos de interpretar a natureza, há evidências de que o ser humano não se sente parte dela, demonstrando que o cuidado com a mesma está focado na garantia de satisfação de suas necessidades presentes e futuras. Desde a antiguidade é extenso o esforço filosófico e científico de resgatar a integração do homem na “dialética da natureza”. Se na tradição ocidental, a concepção de natureza é de submissão ao homem para que esse a domine, o filósofo pré-socrático tinha na Grécia antiga a referência da palavra *Physis*, como um princípio unificador de natureza e ser humano com suas ações e pensamentos. Nesse sentido, fazem-se coerentes as afirmações de Gonçalves (2004), que descreve o conceito de natureza como algo não natural, por se tratar de uma construção social, criada pelo homem, recebendo a influência judaico-cristã que reforça a oposição ser humano-natureza.

A comunidade científica da Engenharia Civil permanece buscando, testando e aplicando novas tecnologias, novos produtos e materiais, mas persiste simultaneamente na tradição e conservadorismo de seu estilo de projetar e construir; limitando os cuidados para com o meio ambiente a ações simplificadas como a reciclagem, a redução de consumo de energia e o reuso de materiais. A preocupação ambiental, também, tem se manifestado com execução de obras corretivas e emergenciais realizadas para remediar situações

problemáticas já instauradas. Nesse sentido, revela-se a dificuldade de conciliação entre o necessário respeito ao limite da capacidade de suporte dos recursos naturais e o atendimento ao indispensável crescimento econômico, cuja essencialidade é reforçada pelos anseios da população, revelando uma anomalia no atual desenvolvimento do conhecimento científico dessa comunidade.

A implantação do Plano de Aceleração do Crescimento econômico, mais conhecido como PAC, assinala um momento histórico na engenharia brasileira, em que um projeto político do Governo Federal, estabelecido estrategicamente em diversas áreas, tem priorizado investimentos financeiros em infraestrutura urbana, em áreas como saneamento, habitação, transporte, energia e recursos hídricos. Desse modo, há cerca de oito anos, a indústria da construção civil brasileira pode ampliar sua atuação em rodovias, hidrovias, ferrovias, portos, aeroportos, saneamento e habitação popular, em todo o território nacional; apesar das condições nacionais e internacionais serem adversas.

A Construção Civil consiste em um dos ramos da economia com capacidade de elevação da taxa de crescimento do produto interno bruto (PIB), do emprego e da renda a curto e médio prazo (TEIXEIRA; CARVALHO, 2006). Os incentivos e os programas governamentais que ampliam a demanda pela produção da construção civil, contribuem para o aumento da busca pelos mais variados produtos e serviços utilizados nessa indústria; e o fato de apresentar condição de absorção de grande contingente de mão de obra com pouca ou sem nenhuma qualificação profissional, também, ajuda a diminuir as taxas de desemprego.

No entanto, é reconhecido que a aceleração da ocupação urbana, favorece a concentração da população em espaço reduzido e produz competição pelos recursos naturais, destrói parte da biodiversidade, intensifica os processos erosivos e aumenta a frequência das inundações, a produção de sedimentos e a deterioração da qualidade da água, além de diminuir sua disponibilidade. Assim, apesar dos efeitos das ações humanas sobre os ecossistemas poderem passar despercebidos para alguns, é incontestável a decorrência de impactos negativos provenientes de atividades como o da Construção Civil, impelida pela busca contínua, porém um tanto equivocada, do crescimento econômico da sociedade.

Na Construção Civil, é comum a adoção de modelos de gestão ambiental, por consistir em um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos que, se

adequadamente aplicados, permitem reduzir e/ou controlar os impactos produzidos por um empreendimento ao meio ambiente. A série de normas ISO 9000 (1987) passou a ser utilizada mundialmente como uma ferramenta sistêmica de estruturação, organização e gestão. Porém, por se tratar de um conjunto de normas aplicáveis em organizações em geral, qualquer que seja o seu tipo ou dimensão, o intuito de normatização de produtos e serviços pouco contribui para a verdadeira melhoria da qualidade desses. Com o incremento de programas de qualidade setoriais instituídos, especificamente, para mobilizar empresas construtoras a implantarem sistemas de gestão da qualidade, em 2000 foi criado o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), cuja versão 2012 passou a exigir o monitoramento de indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade das construções (essencialmente a geração de resíduos e o consumo de água e energia). O licenciamento ambiental, também, constitui um instrumento de gestão previsto nas legislações municipal, estadual e federal; vinculado à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio, tem o objetivo de avaliar os impactos ambientais. Entretanto, nem os indicadores do PBQP-H, ou os documentos exigidos para um licenciamento ambiental, têm sido suficientes para se evitar as intervenções urbanas que podem agravar e/ou causar os riscos de perdas materiais e humanas e principalmente aqueles que causam degradações dos recursos naturais.

E nessa conjuntura, enfatiza-se a situação contraditória na qual a Engenharia Civil também se encontra inserida, constituída pela reivindicação do crescimento econômico contínuo, reforçada pelo anseio da população por melhoria das condições de moradia e infraestrutura, contraposta com a necessidade de preservação do meio ambiente, com sua condição natural de utilização limitada por sua capacidade de suporte, se revelando como um desafio para todos os envolvidos com a vida urbana.

4.6 Fundamentos metodológicos para a investigação qualitativa

4.6.1 Da obtenção dos dados

Bogdan e Biklen (1994) explicam que a expressão investigação qualitativa constitui um termo genérico, que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características. Neste tipo de pesquisa os dados são designados por qualitativos por sua riqueza em pormenores descritivos relatados ao investigador por meio de uma conversa, uma entrevista ou uma observação participante em que o investigador introduz-se no mundo das pessoas que compõe o universo amostral de seu estudo.

A abordagem qualitativa consiste numa pesquisa habilitada a absorver o tema com seus significados e intencionalidades intrínsecos ao ato, suas relações e estruturas sociais existentes (BARDIN, 2011). Com esta perspectiva, a proposta admite revelar processos sociais referentes a grupos específicos, possibilitando a constituição de novos enfoques, a revisão e a criação de novos conceitos e categorias ao longo da investigação. Assim, a pesquisa qualitativa favorece um modelo de compreensão aprofundado entre os elementos voltados à percepção da manifestação do objeto estudado (MINAYO, 2007).

Na investigação qualitativa não há uma operacionalização de variáveis mediante as questões que se quer investigar, pois o que se pretende é enxergar a sua complexidade em seu contexto natural. Para privilegiar, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos investigados nem sempre há testes de hipóteses, pois o que se deseja é compreender com bastantes detalhes, a partir das assertivas dos entrevistados, a sua perspectiva pessoal, permitindo-lhe a expressão das próprias opiniões sobre determinado assunto (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Flick (2009) enfatiza que a maioria dos estudos envolvendo dados qualitativos deve ser conduzida com pequenas amostras devido à riqueza de detalhes que muito valorizam a pesquisa, mas dificultam a análise dos dados obtidos. Esta análise constitui no processo de busca e organização sistemática de transcrição das entrevistas, com divisão em unidades manipuláveis, síntese, busca por padrões com o objetivo de ampliar a compreensão do investigador a respeito dos dados e principalmente apresentar aos outros os resultados de sua investigação.

4.6.2 Da análise dos dados

A análise de conteúdo tem sua relevância na investigação social devido à forma metódica com que são tratadas as informações e testemunhos que apresentam níveis distintos de profundidade e de complexidade. A evolução deste método tem sido favorecida pelos progressos em linguística, ciências da comunicação e da informática, e devido à preocupação de rigor e profundidade de análise (GUIMARÃES, 2009). A análise de conteúdo tem sua origem no final do século passado, podendo integrar características e diferentes abordagens. Inicialmente teve uma fase de grande produtividade, orientada pelo paradigma positivista, com valorização exclusiva da objetividade e da quantificação. No entanto, esta metodologia de análise de dados tem alcançado novas e mais desafiadoras possibilidades na medida em que se integram cada vez mais as explorações qualitativas de

mensagens, textos e informações. Neste sentido, ainda que eventualmente sem utilizar da denominação de análise de conteúdo, tem sido empregada em trabalhos de natureza dialética, fenomenológica e etnográfica (MORAES, 1999).

A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Podendo conduzir descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados numa profundidade que extrapola uma leitura comum. Com referências consolidadas no campo das investigações sociais (George 1959; Stone et al., 1968; Poirier et al, 1973 apud Bardin 2011) a metodologia de análise de conteúdo vai além de uma simples técnica de análise de dados, representando uma abordagem metodológica com características e possibilidades próprias.

Segundo Olabuenaga e Ispizúa (1989), a análise de conteúdo é uma técnica que permite ler e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos. Numa análise adequada com esta técnica pode-se obter a revelação de aspectos e fenômenos sociais, que de outro modo seria impossível. Como método de investigação, a análise de conteúdo compreende procedimentos especiais para o processamento de dados científicos, constitui uma ferramenta, sempre renovada em função dos problemas cada vez mais diversificados que se propõe a investigar.

Moraes (1999) ressalta que os dados que compõem a matéria-prima da análise de conteúdo pode ser qualquer material oriundo de comunicação verbal ou não-verbal, como cartas, cartazes, jornais, revistas, informes, livros, relatos auto-biográficos, gravações, entrevistas, diários pessoais, filmes, fotografias, vídeos, etc. Contudo os dados provenientes dessas fontes diversificadas constituem-se em estado bruto e precisam ser processados de modo a permitir o trabalho de compreensão, interpretação e inferência, pertinentes ao rigor técnico de um trabalho científico.

A técnica de análise de conteúdo temático-categorial proposta por Bardin (2011) representa uma ferramenta para a compreensão da construção de significados que os atores sociais exteriorizam durante a entrevista. A preparação do material para análise inicia com a transcrição integral de cada uma das entrevistas, seguida de “leituras flutuantes”, que tem caráter exploratório e acompanhamento de operação de pré-análise para o alinhamento dos enunciados intactos, de maneira a permitir uma classificação por equivalência e se construir o significado de cada categoria.

Para a constituição do corpus a analisar, ou seja, para a delimitação do material de análise Bardin (1977) recomenda os seguintes critérios: (1) da exaustividade, com o esgotamento da totalidade da comunicação, do acervo, da coleção, ou das entrevistas; (2) da representatividade, em que o investigador deve certificar-se que, de fato, a amostra é representativa do universo estudado; (3) da homogeneidade, com a garantia de que os dados referem-se ao mesmo tema e foram obtidos por técnicas iguais e selecionados por indivíduos semelhantes; (4) da pertinência, com a certeza de que os documentos (no caso as entrevistas transcritas) acomodam-se no interior das condições de conteúdo e de objetivo inicialmente previstos; e (5) da exclusividade, assegurando que cada elemento (no caso cada trecho analisado das diferentes entrevistas) não seja incluído na classificação de mais de uma categoria.

Na etapa de operação de pré-análise são estabelecidos os índices, que fornecem indícios da mensagem e do conteúdo que se está examinando e os indicadores, cuja elaboração traz os elementos que asseguram os índices previamente formados. Já a fase da codificação e da definição das categorias constitui a fase mais longa e trabalhosa, por se tratar do momento de efetivação das decisões tomadas na pré-análise. É neste período que, de uma maneira organizada, os dados brutos são transformados e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição das características pertinentes do conteúdo (BARDIN, 1977; 2011).

O processo de codificação se constitui na identificação para atingir uma representação de conteúdo e de sua expressão. Nele se estabelecem as unidades de registro, ou seja, a unidade de significação a codificar, correspondente ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial, se for de interesse da investigação.

No processo de categorização ocorre a passagem de dados brutos para dados analisados e organizados. Os elementos são agrupados de acordo com suas características comuns, numa operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e reagrupamento, de acordo com critérios previamente definidos. A garantia de robustez e de validade de uma categoria é proveniente do cumprimento de todos os critérios, estabelecidos para a constituição do *corpus* a analisar, somado à clareza de sua definição de modo a impedir a existência de distorções devido à subjetividade dos analista/investigador (BARDIN, 1977; ALVARES, 2010).

O *Web Qualitative Data Analysis (WebQDA)* consiste em um software de análise de dados qualitativos, com funcionamento na rede de alcance mundial (world wide web). A ferramenta permite um ambiente colaborativo *on-line*, em tempo real, possibilita o acesso de vários investigadores, com distribuição de tarefas nas figuras do investigador convidado e do investigador colaborador. Com seu uso há um favorecimento a uma análise mais aprofundada, um trabalho diferenciado e melhor estruturado, com simplificação no processo de categorização, potencializando a síntese dos resultados (COSTA, LINHARES, SOUZA, 2012).

Souza *et. al* (2013) ressaltam que o uso do software possibilita análise de textos, áudios vídeos e imagens, sejam estes constituídas por fontes internas ou externas. O armazenamento destes documentos ocorre nas nuvens e configura uma base de dados com boa segurança. Porém, é preciso enfatizar que o utilizador é quem pensa e estrutura os dados em atributos, em rótulos e em códigos, sejam estes descritivos ou interpretativos. O software disponibiliza sistema de codificação com a funcionalidade de “nós livres” e “nós em árvore”, o que auxilia na configuração de temas e significados de categorias e subcategorias a partir dos dados obtidos nas entrevistas semiestruturadas realizadas numa investigação qualitativa.

Perante a complexidade que envolve a temática ambiental e as ações da Engenharia Civil utilizou-se para a obtenção de dados nessa etapa a pesquisa qualitativa, por meio de realização de entrevistas semiestruturadas, cujos dados brutos foram categorizados com o uso do software *WebQDA*.

5 OS CAMINHOS DA PESQUISA

5.1 Aspectos metodológicos dos trabalhos de campo

5.1.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego Samambaia, apresentada na Figura 2, está situada na Região Norte da Capital do Estado de Goiás, abrange uma área de 32 km² localizada entre as coordenadas geográficas 16°31'43,50'' e 16°36'19,82'' de latitude Sul, e 49°14'5,78'' e 49°17'11,10'' de longitude Oeste, no Município de Goiânia. A extensão de seu curso d'água principal é de aproximadamente 10 km, com declividade média de 0,011m.m-1. Seu exutório encontra-se junto ao Rio Meia Ponte, próximo ao Campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás (SOUZA, CRISPIM e FORMIGA, 2012).

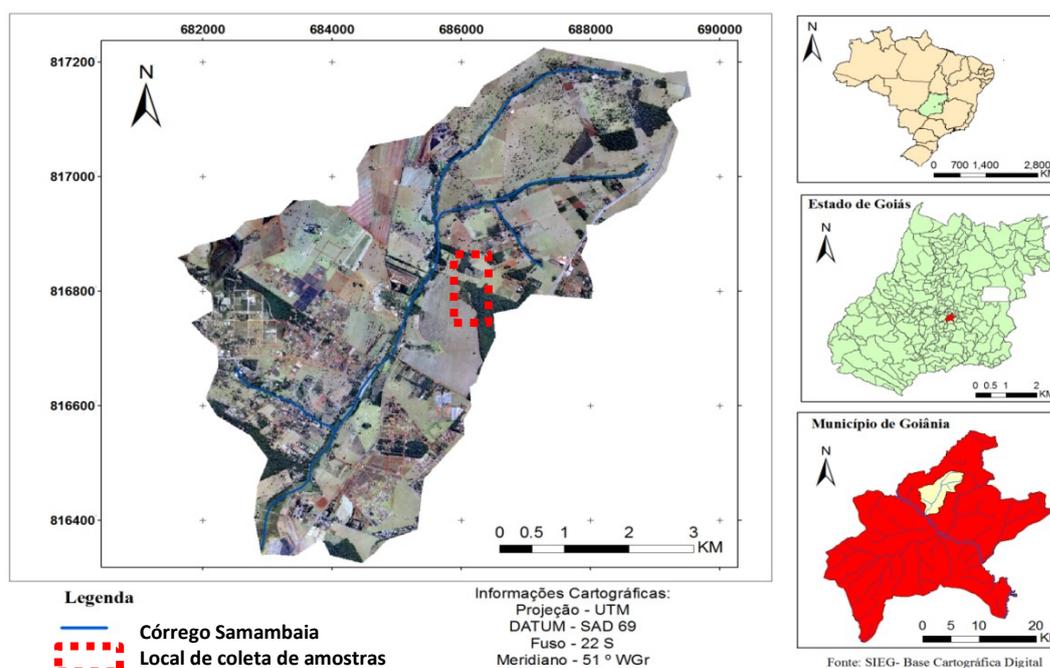


Figura 2 – Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia (Souza, Crispim e Formiga, 2012).

Em termos pedológicos, a área dessa bacia hidrográfica é composta por solos classificados em seu segundo nível categórico como Latossolos Vermelhos, trata-se de solos espessos e de ocorrência comum em relevos planos e planaltos. Apresentam textura argilosa ou muito argilosa, alta acidez, porém com facilidade de correção de pH. São solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA (EMBRAPA, 2006).

A região, ainda, apresenta extensas áreas com forte característica rural, embora a recente implantação de vários loteamentos tenha intensificado o processo acelerado de urbanização, que deverá ser consolidado com a aprovação das propostas de alterações do Plano Diretor do Município de Goiânia.

O trecho longitudinal do Córrego Samambaia, mostrado na Figura 3, foi escolhido para ser considerado como referência de campo neste estudo. Está situado próximo à Rodovia GO-462, que liga a Capital Goiana ao Município de Nerópolis, conhecida como estrada velha.



Figura 3 - Local de estudo no Córrego Samambaia - Goiânia – GO.

5.1.2 Monitoramento do nível de água no canal

Para o monitoramento das variáveis hidráulicas no canal, foram instalados no Córrego Samambaia dois dispositivos do modelo *HOBO U20 001-01-TI Water Level* (ONSET, 2012). Os aparelhos, mostrado na Figura 4, são produzidos em aço titânio com peso aproximado de 140 g e dimensão de 15 cm de comprimento com diâmetro de 2,46 cm. São projetados para operação em uma faixa de 0 até 207 KPa de pressão, com equivalência aproximada de 0 até 12 m de profundidade em água doce, numa faixa de altitude de até 3000m. Sua precisão na medição do nível de água é de 0,5cm e tem resposta de tempo termal com aproximadamente 10 minutos na água para ativar a completa compensação do sensor de pressão com relação à temperatura.

Foram montadas pequenas estruturas, uma em PVC (instalada na seção de jusante) e outra metálica (instalada na seção de montante) para o acondicionamento e proteção dos equipamentos do modelo *HOBO U20*. As estruturas de proteção, mostradas na Figura 4 foram amarradas a uma base de concreto e ambas foram assentadas de uma forma discreta, junto ao leito do córrego, como apresentado na Figura 5.



Figura 4 – Vista do equipamento *HOBOTest U20 001-01-TI Water Level* e das bases de concreto com estrutura metálica e em PVC para o acondicionamento e proteção do equipamento.

Os dispositivos instalados na seção de montante e de jusante são compactos e portadores de coletor de dados acoplado e permaneceram no campo durante todo o tempo de monitoramento, que ocorreu entre janeiro e maio de 2013. A programação do aparelho para as leituras de pressão barométrica e temperatura foi feita para intervalos de 1 minuto.



Figura 5 – Assentamento do conjunto base, estrutura de proteção e *HOBOTest*, de forma discreta junto ao leito do córrego.

Os dados obtidos foram coletados semanalmente, com uso da estação de base com cabo óptico USB e convertidos em altura da lâmina de água. Em seguida, foram tratados para a separação e identificação dos principais eventos ocorridos durante todo o período de monitoramento.

5.1.3 Levantamento topográfico do canal

Foi realizado levantamento plani-altimétrico das margens do córrego e áreas adjacentes com equipamento estação total marca SOKKIA, modelo SET 530-RK, com precisão angular de 5", com aumento / poder de resolução de 30x / 2.5". Para elaboração

do perfil altimétrico, os dados obtidos em campo foram processados por meio do *software* Topograph SE.

O Córrego Samambaia consiste em um canal natural, com seções irregulares. Os dados geométricos de comprimento, largura e profundidade de cada seção foram medidos no local, de modo que se conseguisse uma representação fidedigna do trecho do canal natural estudado através da modelagem computacional. Para o levantamento batimétrico, escolheu-se um trecho de 50m de comprimento do Córrego Samambaia, dividido em oito seções transversais, que tiveram suas larguras e profundidades medidas a cada intervalo de 0,2 m, como mostrado na Figura 6.

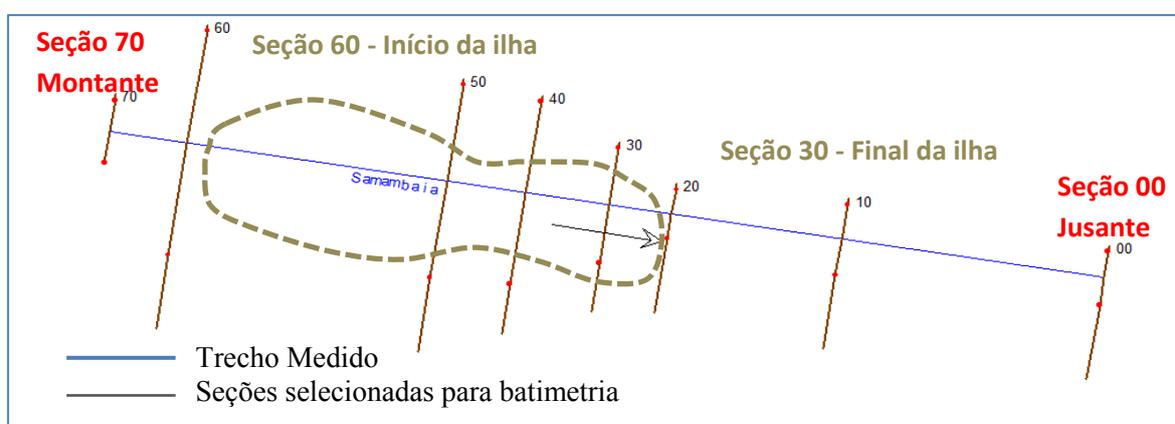


Figura 6 – Detalhamento do trecho de 50m escolhido para monitoramento dos níveis de água no Córrego Samambaia.

5.2 Aspectos metodológicos dos trabalhos de laboratório

5.2.1 Caracterização física dos solos marginais

Para avaliar a produção de sedimentos nos solos marginais, causada pela alteração do nível da água como consequência da variação de vazão, foram consideradas algumas das características físicas que podem influenciar a tensão de arraste superficial dos solos que formam os barrancos. Desse modo, foram coletadas 12 amostras deformadas (sendo 6 próximas ao curso d'água e 6 amostras retiradas de locais distantes, ou seja, de aproximadamente 50m das margens), para análises laboratoriais e os parâmetros físicos dos solos escolhido para estudo foram determinados de acordo com os seguintes procedimentos:

- Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização NBR 6457 (ABNT, 1986).

- b) Determinação da massa específica para grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - NBR 6508 (ABNT, 1984).
- c) Análise granulométrica dos solos por peneiramento e sedimentação NBR 7181 (ABNT, 1984).
- d) Determinação do limite de liquidez de solos NBR 6459 (ABNT, 1984).
- e) Determinação do limite de plasticidade de solos NBR 7180 (ABNT, 1988).
- f) Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo NBR 13602 (ABNT, 1996).

Todos os ensaios de caracterização física foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Em campo, foram realizados dois ensaios de infiltração, sendo que um teste ocorreu próximo às margens do córrego estudado, e outro realizado a uma distância aproximada de uns 50 m das margens, fora da mata ciliar. Nos ensaios foram utilizados infiltrômetros constituídos de dois anéis metálicos concêntricos com aplicação de água por inundação, conforme mostra a Figura 7.



Figura 7 – Ensaio com infiltrômetro metálico de anéis concêntricos.

5.2.2 Quantificação da produção de sedimentos dos solos – uso do Aparelho de Inderbitzen

Quanto aos ensaios específicos para avaliação da erodibilidade dos solos marginais, e a quantificação da produção de sedimentos, foram retiradas 24 amostras indeformadas (sendo 12 próximas ao curso d'água e 12 amostras extraídas de locais distantes, aproximadamente 50m das margens). Os corpos de prova para realização do ensaio no aparelho de Inderbitzen foram retirados ao se cravar um molde de chapa metálica, com 1,8 mm de espessura e dimensão de 10 x 10 x 5 cm acoplado a um extensor de mesma

proporção, para preservar integridade da amostra e a rugosidade de sua parte superior. A Figura 8 ilustra a cravação do molde para extração das amostras indeformadas.



Figura 8 - Retiradas de amostras indeformadas para ensaio de Inderbitzen.

Para preservação das condições naturais de umidade, as amostras foram envolvidas em filme plástico, e em seguida em papel alumínio, como mostrado na Figura 9. Como cautela, com a proteção mecânica das amostras, os moldes foram protegidos com plástico bolha durante o transporte para o laboratório, permanecendo assim resguardados até o momento do ensaio.



Figura 9 - Acondicionamento das amostras indeformadas.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal de Goiás, onde foram submetidas à simulação de escoamento superficial por meio do uso do aparelho de Inderbitzen, de modo a verificar possíveis correlações entre produção de sedimentos com a alteração da vazão, a declividade da rampa de escoamento e as propriedades físicas do solo.

O aparelho de Inderbitzen utilizado foi montado em cima de uma estrutura metálica que permite a variação e o controle da declividade da rampa. O aparelho é equipado com

uma rampa de acrílico, com dimensões de 100 cm de comprimento e 10 cm de largura. O dispositivo para encaixe do molde com a amostra de solo também é de acrílico, e fica na extremidade inferior da rampa.

Para monitorar a vazão, foi empregado o equipamento medidor de vazão tipo rotâmetro modelo 440 da marca CONAUT, com precisão de 2% do fundo de escala. O medidor suporta pressão máxima de 10 kgf.cm^{-2} , foi instalado na posição vertical, com o sentido do fluxo de forma ascendente e apresenta a função de área variável, onde o flutuador é suspenso pela água até a altura correspondente à vazão. A leitura é feita diretamente sobre a escala gravada em baixo relevo no cone de medição, em unidade de volume por tempo e indicada pela altura do flutuador. A aresta superior do flutuador foi considerada a linha de referência para a leitura.

Para uniformizar as condições de umidade, antes de cada ensaio, o solo contido no molde foi umedecido de modo a atingir um nível máximo possível de saturação aparente. Em seguida, o conjunto molde e amostra foram acomodados no local de encaixe do aparelho de Inderbitzen, como está mostrado na Figura 10.

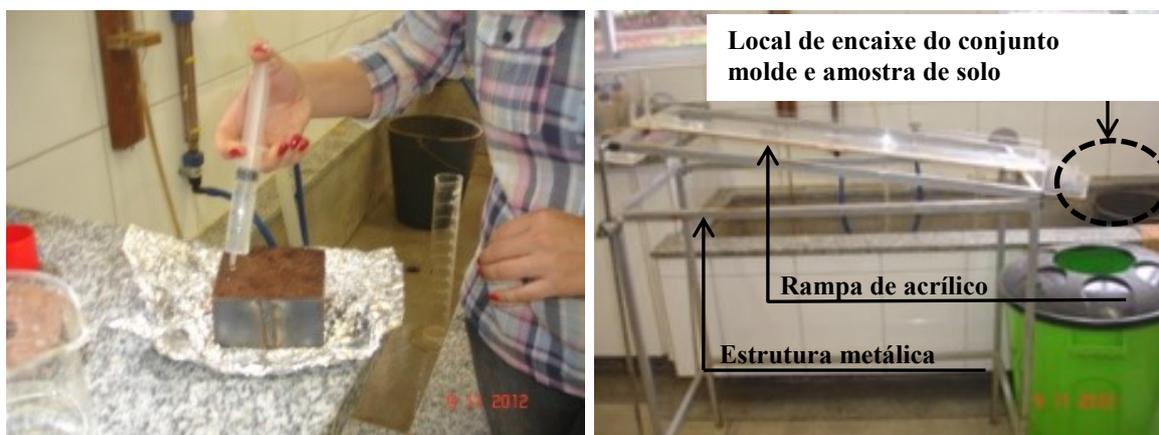


Figura 10 - Umedecimento da amostra indeformada, antes de ser levada ao aparelho de Inderbitzen

Durante os ensaios, as amostras indeformadas foram submetidas a faixa de vazões entre 80 mL.s^{-1} e 40 mL.s^{-1} , respeitando as limitações do aparelho de Inderbitzen e das instalações hidráulicas do laboratório. A declividade da rampa de escoamento variou entre 10° , 15° e 20° , e os sedimentos arrastados pelos escoamentos superficiais simulados foram coletados por meio da peneira de malha 300. Os sedimentos coletados, em cada intervalo, foram levados à estufa sob temperatura de 100°C , onde permaneceram por 24h e, em seguida, pesados em balança de precisão de 0,01g. As etapas do ensaio de Inderbitzen estão ilustradas na Figura 11.



Figura 11 - Realização do ensaio no aparelho de Inderbitzen

Para a simulação do escoamento superficial em cada uma das amostras indeformadas, foram definidos os parâmetros de vazão, declividade da rampa e o coeficiente de rugosidade hidráulica. Para o cálculo da velocidade e da lâmina d'água, foi aplicada a Equação de Manning (1).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Em que “Q” é a vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); “n” é coeficiente de rugosidade; “A” é a área de escoamento (m^2); “RH” é o raio hidráulico (m) e “S” é a inclinação da superfície livre da água ($\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$).

Considerando a tensão aplicada pelo escoamento superficial como uma variável dependente da vazão, da seção da calha e da declividade definida, determinou-se a tensão de arraste pela Equação de Chow (2):

$$\tau = \gamma \cdot R_H \cdot S \quad (2)$$

Em que “ τ ” é a tensão média de arrastamento ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$) e “ γ ” é o peso específico da água ($\text{N} \cdot \text{m}^{-3}$). A tensão de arraste “ τ ” representa a força por unidade de área que se exerce na partícula submersa, atuando paralelamente ao sentido do movimento e forçando-a ao movimento. A tensão crítica “ τ_c ” é entendida como a tensão mínima que provoca o início do movimento da partícula.

A taxa de produção de sedimentos foi calculada considerando a relação entre o sedimento coletado durante o intervalo de tempo especificado em cada etapa de ensaio (5 minutos), e a área do corpo de prova ($0,01 \text{ m}^2$) como apresentado na Equação 3.

$$T_s = \frac{\text{Sedimento}}{\text{area} \cdot \Delta t} \quad (3)$$

Em que “ T_s ” é a taxa de produção de sedimentos ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$); Sedimento (g); Área(m^2) e “ Δt ” é o intervalo de tempo (min).

A concentração de sedimentos foi determinada a partir da relação entre o peso seco dos sólidos (sedimento coletado) e o volume total de água escoado sobre a amostra, como mostrado na Equação 4.

$$C_s = \frac{\text{Sedimento}}{\Delta t \cdot Q} \quad (4)$$

Em que “ C_s ” é a concentração de sedimentos ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$); “ Δt ” é o intervalo de tempo (s) e “ Q ” é a vazão ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$)

Calculou-se a descarga sólida ou descarga de sedimento por meio da relação entre a quantidade de sedimento transportada pelo volume de água ao passar pela seção específica do corpo de prova numa unidade de tempo. E para a ratificação dos valores aqui encontrados de descarga sólida, também foram estimados por meio da aplicação de alguns modelos numéricos utilizados em outros estudos e mostrados no Quadro 1. Karim e Kennedy (1990); Cassol *et al.* (2004); Cantalice *et al.* (2005) e Scapin; Paiva e Beling (2007) empregaram essas equações para a determinação da capacidade de transporte de sedimentos, cientes de que são empiricamente derivadas de dados de campo ou da hidráulica de canais abertos, onde são estabelecidas relações entre a capacidade de transporte de sedimentos, características físicas das partículas e variáveis ambientais.

Quadro 1 – Equações para estimativa da descarga sólida de sedimentos

Autor / data	Equação
Shields (1930, <i>apud</i> Sturm 2010).	$\frac{q_s \cdot \gamma_s}{q \cdot \gamma \cdot S} = 10 \cdot \frac{\tau - \tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \quad (5)$
Kalinske (1942, <i>apud</i> Einstein 1950)	$\frac{q_s}{u_\tau \cdot d} = f\left(\frac{\tau_c}{\tau}\right) \quad (6)$
Karim e Kennedy (1990)	$\frac{q_s}{\sqrt{g \cdot \Delta} \cdot D_{50}^3} = 0.00139 \cdot \left(\frac{V}{\sqrt{g \cdot \Delta} \cdot D_{50}}\right)^{2.97} \cdot \left(\frac{u_\tau}{w}\right)^{1.47} \quad (7)$
Nearing <i>et al.</i> (1997)	$\log(q_s) = -34,47 + \frac{36,61 \cdot e^{0,845+0,421\log(\Omega)}}{1 + e^{0,845+0,421\log(\Omega)}} \quad (8)$

Para comparar o valor de descarga s3lida de sedimento observado no ensaio, utilizando-se o aparelho de Inderbitzen no laborat3rio e os valores estimados pelos modelos num3ricos calculou-se o erro de estimativa da descarga s3lida “Qs”, de acordo com a equa33o 9.

$$E = \frac{Q_{s_observado} - Q_{s_calculado}}{Q_{s_observado}} \cdot 100 \quad (9)$$

5.3 Simula33o Computacional com Modelo HEC-RAS

Os dados obtidos a partir de levantamento batim3trico e plani-altim3trico da 3rea escolhida para o estudo e de alguns eventos chuvosos selecionados a partir do monitoramento do n3vel de 3gua foram associados aos resultados das pesquisas laboratoriais e aos c3culos estat3sticos e serviram de par3metros de entrada na etapa de simula33o computacional, em que se utilizou o modelo *Hydrologic Engineering Center River Analysis System* (HEC-RAS). O modelo foi usado para identificar e diferenciar a ocorr3ncia das tens3es de arraste no trecho estudado do C3rrego Samambaia, de modo a avaliar a produ33o, transporte e deposi33o de sedimentos para determinar a capacidade de suporte de um c3rrego urbano, em fun33o da varia33o de sua vaz3o. Para a modelagem num3rica computacional foi utilizada a vers3o 4.1 do modelo citado.

Os dados provenientes do levantamento plani altim3trico e do monitoramento da varia33o de n3vel de 3gua com o equipamento HOBO, realizado em campo foram utilizados para a configura33o das se33es no modelo HEC-RAS. Em seguida, foi realizada a interpola33o a cada 1m de dist3ncia entre as se33es previamente cadastradas, de modo a melhorar a precis3o dos resultados. As se33es interpoladas est3o mostradas na Figura 12.

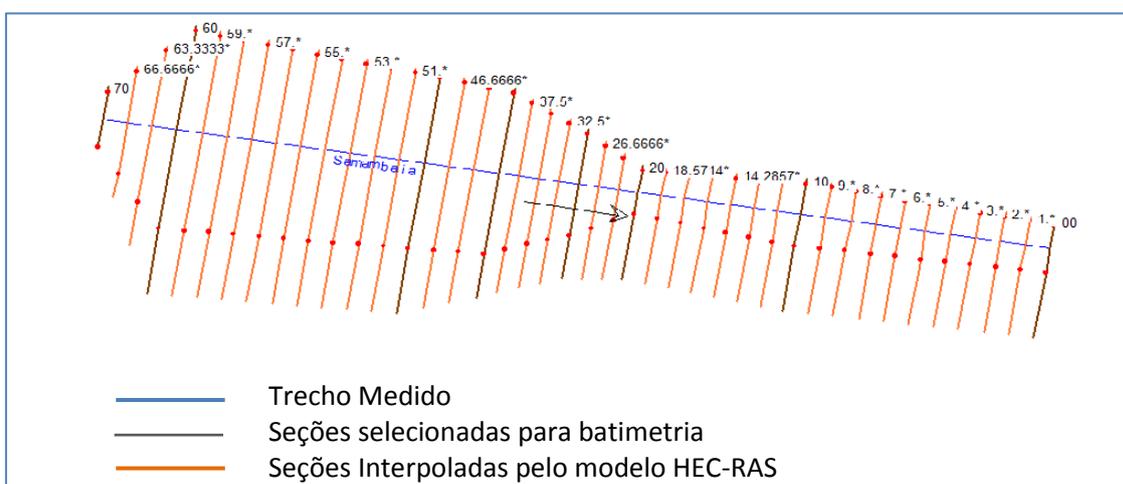


Figura 12 - Detalhamento das seções interpoladas, a cada metro do trecho escolhido para monitoramento dos níveis de 3gua no C3rrego Samambaia

A configuração do trecho do canal estudado no modelo computacional HEC-RAS foi realizada por meio do cadastramento das características geométricas das oito seções medidas em campo. Após a representação do trecho longitudinal, foi realizada a discretização em subtrechos de comprimento de 1m ao longo de todo o trecho monitorado.

Os eventos selecionados, a partir do monitoramento com o equipamento *HOB0 U20*, foram admitidos como dados de entrada no modelo HEC-RAS para a análise dos escoamentos provenientes da bacia hidrográfica.

A calibração consiste em um procedimento de ajuste de parâmetros entre os dados observados e os dados provenientes do modelo computacional. A calibração sistemática do modelo foi realizada de forma manual, por meio da determinação do valor do coeficiente de rugosidade hidráulica nas seções transversais e da declividade do canal a jusante. Durante o processo de calibração foram utilizados, como valores de entrada, os dados obtidos em campo, na seção de montante de um evento selecionado para a simulação dos níveis d'água no trecho monitorado. Em seguida, os níveis d'água simulados com o modelo HEC-RAS para a seção de jusante foram analisados e comparados com os valores observados em campo, nessa seção, durante o mesmo evento.

Após a obtenção do coeficiente de rugosidade e da declividade do canal, conseguidos por meio do processo de calibração, passou-se à etapa de validação desses parâmetros, por meio da aplicação do valor do coeficiente de rugosidade hidráulica (obtido na calibração) em três novos eventos selecionados. Nessa situação, o comportamento dos dados deve ser coerente ao da calibração de modo a confirmar a legitimidade do método aplicado.

Com o objetivo de chegar a indicadores adimensionais que traduzissem diferenças aditivas ou proporcionais num decréscimo da eficiência do modelo Nash e Sutcliffe (1970), sugeriram o coeficiente de eficiência (E), indicado na Equação 10. Embora este decresça com a existência de diferenças sistemáticas, o seu termo quadrático contribui ainda para uma elevada ponderação *dos outliers*.

$$E_{NASH} = 1 - \frac{\sum(\text{observado} - \text{calculado})^2}{\sum(\text{observado} - \text{observado})^2} \quad (10)$$

O procedimento de simulação para determinação da capacidade de transporte de sedimentos e análise dos efeitos de erosão e deposição no canal estudado foi realizado

considerando a configuração hidráulica calibrada. Com a modelagem, foi possível identificar a ocorrência das tensões de arraste, do transporte e da deposição de sedimentos, permitindo distinguir, em termos de vazão máxima, sem extravasamento, a capacidade de suporte de cada seção do trecho estudado do Córrego Samambaia.

5.4 Investigação qualitativa de aspectos socioambientais da Engenharia Civil

Os resultados dos estudos com abordagem exclusivamente técnica foram suficientes para se reconhecer que a ocupação do solo de maneira desordenada, com excesso de áreas impermeáveis, geradoras de grandes alterações de vazão, causa desequilíbrio nas taxas de produção e de transporte de sedimentos, alterações na morfologia de um curso d'água urbano e redução de sua capacidade de suporte.

Para a consideração da complexidade, diversidade e situações socioambientais conflituosas advindas das questões ambientais, oriundas das atividades da Engenharia e diretamente relacionadas à definição da limitação do uso dos recursos naturais urbanos e de sua capacidade de suporte esta pesquisa incorporou a dimensão epistemológica na reflexão sobre a aptidão do atual paradigma da Engenharia Civil em resolver os desafios ambientais.

Assim, foi realizada a última etapa de investigação desse estudo que se caracterizou metodologicamente como uma pesquisa qualitativa, por meio de entrevistas semiestruturadas, como instrumentos de obtenção de dados, com o universo amostral compreendido por um grupo de dez profissionais atuantes na Engenharia Civil e, ao mesmo tempo, docentes de instituições federais de ensino superior, formadoras de novos profissionais desta área. As entrevistas semiestruturadas foram efetuadas no primeiro semestre de 2014.

Os dados foram recolhidos a partir de um contato mais aprofundado com os indivíduos, nos seus contextos ecológicos naturais. Segundo Flick (2009), essa forma de contato facilita a compreensão das opiniões e dos comportamentos. A utilização de entrevista semiestruturada colabora com a obtenção de dados comparáveis entre os vários sujeitos (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Para o emprego da entrevista semiestruturada, foi elaborado um roteiro com perguntas principais, complementadas por outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista, de modo a garantir o foco sobre o assunto. Foi aplicada uma entrevista piloto, por ser um meio útil de testar o protocolo de investigação, permitindo correções, pelo fato de admitir a avaliação dos vários aspectos metodológicos e fases de execução do protocolo de investigação, evitando um resultado insatisfatório.

Nesta pesquisa, foram adotadas as normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás, ao qual coube, também, a avaliação metodológica.

Nesse contexto de discussão e reflexão procurou-se identificar a conduta dos profissionais da Engenharia Civil diante do desafio ambiental. Foi discutida a compreensão que professores de Cursos de Engenharia Civil de instituições federais de ensino superior do Estado de Goiás, Brasil, têm sobre ciência e sobre os problemas ambientais gerados pelas atividades dessa profissão. Procurou-se saber se a educação ambiental atualmente contribui de forma semelhante ao que ocorreu com a educação sanitária no passado, perante a atuação dos profissionais da Engenharia Civil na configuração das áreas urbanas. Foi analisado se o cuidado para com a conservação dos recursos naturais permanece apenas como ideia e conceito, ou se já está suficientemente incorporado aos projetos e obras valorizando, de fato, a dimensão ambiental, de modo a atender demandas sociais e a contribuir para uma sociedade ambientalmente mais justa com apropriação dos princípios da ecologia política sustentável.

A técnica de análise de conteúdo temático-categorial proposta por Bardin (2011) foi aqui utilizada como uma ferramenta para a compreensão da construção de significados que os atores sociais, no caso os docentes e profissionais da Engenharia Civil, exteriorizaram durante a entrevista. De acordo com a sugestão da autora, a preparação do material para análise teve início com a transcrição integral de cada uma das entrevistas, seguida da realização de leituras flutuantes, com objetivo exploratório e operação de pré-análise com o alinhamento dos enunciados intactos, de maneira a permitir uma classificação por equivalência e se construir o significado de cada categoria.

Com os procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo proveniente das assertivas dos entrevistados foram estabelecidos indicadores qualitativos que permitissem a inferência de conhecimentos. A primeira fase foi destinada à

organização do material a ser analisado, com o objetivo de torná-lo operacional para a sistematização das idéias iniciais. A etapa de leitura flutuante consistiu em estabelecer contato com os documentos que traziam as transcrições das entrevistas, permitindo que o investigador comprovasse ali suas impressões e orientações para as análises.

O desenvolvimento tecnológico nas áreas de computação e de informática tem permitido a construção de ferramentas que auxiliam os investigadores nas difíceis tarefas de coleta, organização, categorização e análise de dados, quer sejam eles de natureza qualitativa ou quantitativa. No presente estudo utilizou-se como instrumento de auxílio para a análise dos dados qualitativos o software *WebQDA (Web Qualitative Data Analysis)*, que consiste em um software de análise. As distintas ferramentas que integram o *WebQDA* permitiram a simplificação de todo o processo de codificação e agilidade nas sínteses de resultados do estudo.

Na presente investigação as questões sociais acrescidas da complexidade multidimensional dos desafios ambientais e dos fenômenos educativos em estudo exigiram uma maior análise de padrões, assim como a elaboração de sínteses interpretativas mais aprofundadas. Desse modo, o software *WebQDA* se revelou como uma ferramenta relevante no apoio à esta análise de dados não numéricos provenientes das entrevistas semiestruturadas. A ferramenta permite um ambiente colaborativo *on-line*, em tempo real, possibilita o acesso de vários investigadores, com distribuição de tarefas e favorece uma análise mais aprofundada, um trabalho diferenciado e melhor estruturado, com simplificação no processo de categorização, potencializando a síntese dos resultados (COSTA, LINHARES, SOUZA, 2012). No presente estudo utilizou-se do sistema de codificação disponibilizado no software, que se configurou aqui como categorias e subcategorias.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Características físicas de solos marginais correlacionadas com a tensão de arraste e produção de sedimentos

Os ensaios de infiltração foram realizados no mês de novembro, no período das primeiras chuvas da região e desse modo, foi possível constatar que, mesmo em condições gerais de boa umidade, os solos localizados distantes das margens apresentaram uma diferença significativa das velocidades de infiltração, em relação aos solos marginais, observada durante todo o período de realização do ensaio. A estabilização da velocidade de infiltração ocorreu após 2h 15 min, conforme mostrado na Figura 13, onde também é possível observar que a velocidade final de infiltração do solo localizado distante das margens do córrego é 52% maior do que a velocidade final de infiltração dos solos marginais.

A constatação de uma maior lentidão no processo de infiltração dos solos marginais convalida as maiores taxas de produção de sedimentos desses solos, e estes resultados corroboram com os encontrados por Pejon e Silveira (2007), em seus estudos para indexação das propriedades físicas para previsão da erodibilidade de solos tropicais. Os autores afirmam que além das características intrínsecas do solo, em condições naturais, o teor de umidade e as condições de infiltração também influenciam na sua erodibilidade, pois a maior capacidade de absorção de água do solo indica menos aptidão ao escoamento superficial e menor potencial erosivo.

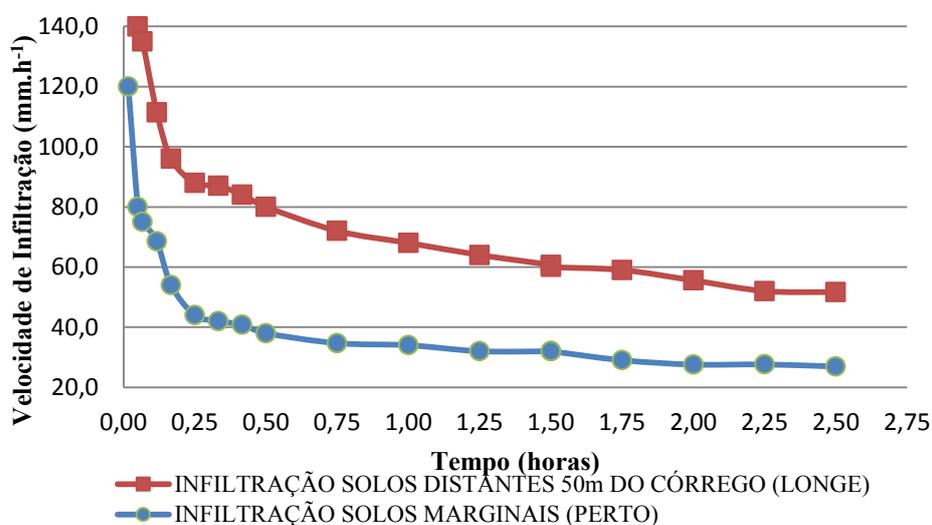


Figura 13 – Velocidades de infiltração de testes realizados longe e perto das margens do Córrego Samambaia.

A caracterização e classificação dos solos propicia a predição de seu comportamento mecânico e hidráulico, o que é desejável para o alcance de informações acerca do meio físico analisado. Na Tabela 1, estão apresentados todos os resultados dos ensaios de caracterização física das amostras avaliadas.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização física dos solos marginais

RESULTADOS – ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS											
Amostras	Pedregulho (%)	Areia (%)			Silte (%)	Argila (%)	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)	Peso Específico σ (g/cm ³)	Umidade natural (%)
		Grossa	Média	Fina							
1P	0.87	5.53	12.49	30.25	24.50	26.35	48.2	33.9	14.3	2.73	32.25
2P	8.50	11.41	9.10	32.85	21.96	16.18	37.8	24.4	13.4	2.78	39.22
3L	4.66	13.62	10.2	27.05	23.43	21.04	41.8	26.7	15.1	2.77	37.21
4L	16.51	20.26	10.85	21.92	15.64	14.82	36.2	22.7	13.5	2.75	21.82
5L	7.39	10.07	11.48	34.41	14.91	21.91	39	25.5	13.5	2.74	24.73
6L	2.95	2.97	8.65	38.68	22.41	24.34	49.0	31.9	20.1	2.72	31.14
7P	12.34	11.70	8.19	24.92	20.73	22.12	47.6	29.5	18.1	2.73	21.84
8L	0.9	4.14	13.17	32.02	22.77	27.00	42.9	29.8	13.1	2.75	29.80
12P,13P,14P,15P	0.97	7.74	13.17	25.88	23.55	28.69	47.3	27.3	20.0	2.68	30.95
16L,17L,18L,19L	2.02	8.52	11.03	25.95	23.52	28.97	47.6	29.5	18.1	2.70	31.02
31P,32P,33P,34P	0.23	0.86	8.99	59.9	19.91	10.11	28.5	18.6	9.9	2.61	23.71
36L,37L,38L,39L	1.32	5.09	13.27	36.34	18.23	25.76	38.2	24.9	13.3	2.74	25.27

(P- Perto das margens do córrego; L – Longe das margens do córrego, distância acima de 50m)

A análise dos resultados dos ensaios de granulometria e sedimentação permitiram a identificação da diversificação das texturas dos solos, com prevalência de sua parte fina e predominância de areia fina, argila e silte, em todas as amostras, independente de seu local de origem, ou seja, longe ou perto das margens, conforme apresentado na Figura 14.

Pejon e Silveira (2007) afirmam que a velocidade da água necessária para separar partículas de argila é praticamente a mesma que a exigida para mover uma partícula de cascalho; pois em solos finos, o destacamento das partículas é dificultado pela alta coesão promovida pela atração entre as partículas. Dessa forma, a capacidade de destacamento e transporte das partículas dos solos marginais está relacionada com a taxa de fluxo de água necessária para promover o desprendimento dessas partículas, podendo ser influenciada pela configuração menos consolidada com que se encontra na natureza e pela variação de

sua profundidade quando comparados aos solos residuais, o que pode justificar, também, a pequena variação nos valores encontrados para o seu peso específico, conforme Figura 15.

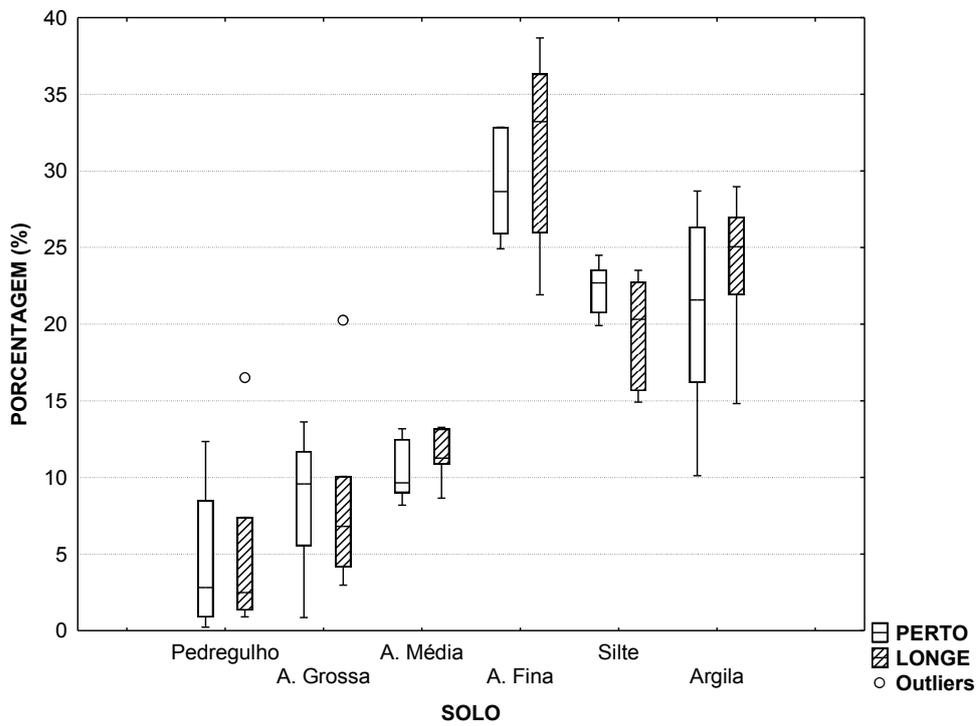
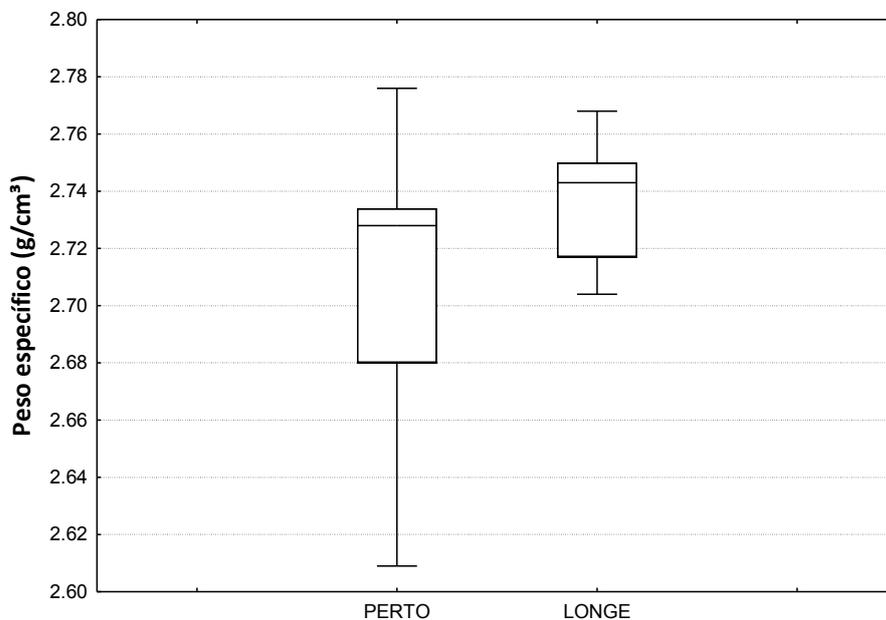


Figura 14 – Representação em *box plot* da variação dos tamanhos dos grãos de todas amostras analisadas.



Localização das amostras em relação às margens do córrego

Figura 15 – Representação em *box plot* da variação dos valores de peso específico dos solos analisados.

Concernente às classificações geotécnicas convencionais, nesta pesquisa foi utilizado o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), derivado da classificação de Casagrande (1948), alicerçado nos resultados provenientes dos ensaios de granulometria, sedimentação e nos Limites de *Atteberg* (Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade). Os resultados, apresentados no Quadro 2, indicaram que 83,3% das amostras foram classificadas como argila, pertencente ao grupo argila pouco plástica arenosa (CL). Um grupo, de quatro amostras, correspondente a 16,7% do total analisado, foram consideradas como siltes inorgânicos de baixa compressibilidade (ML).

Quadro 2 – Classificação dos solos segundo sistema SUCS

Amostras	Classificação segundo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS)
1P, 2P, 3L, 4L, 5L, 6L,7P, 8L, 12P, 13P, 14P, 15P, 16L, 17L,18L, 19L, 36L, 37L, 38L e 39L	CL - Argila pouco plástica arenosa
31P, 32P, 33P e 34P	ML - Siltes Inorgânicos de Baixa Compressibilidade

De acordo com Gray e Sotir (1996) o SUCS recomenda uma hierarquia para a medida de erodibilidade, estabelecida por meio da análise granulométrica e das medidas de plasticidade em amostras deformadas, conforme apresentado na escala mostrada na Figura 16.



Figura 16 – Escala para a medida de erodibilidade, estabelecida por meio da análise granulométrica e das medidas de plasticidade em amostras deformadas.

Assim, ao comparar os resultados do presente estudo com as categorias de susceptibilidade à erosão, sugeridas pelo SUCS, como foi realizado por Paiva (2006), foi

verificado, que de fato os solos marginais pertencentes à classe ML, produziram, em média, o dobro da quantidade de sedimentos, quando comparados com os solos da classe CL, comprovando sua propriedade de mais erodível, como pode ser observado na Figura 17.

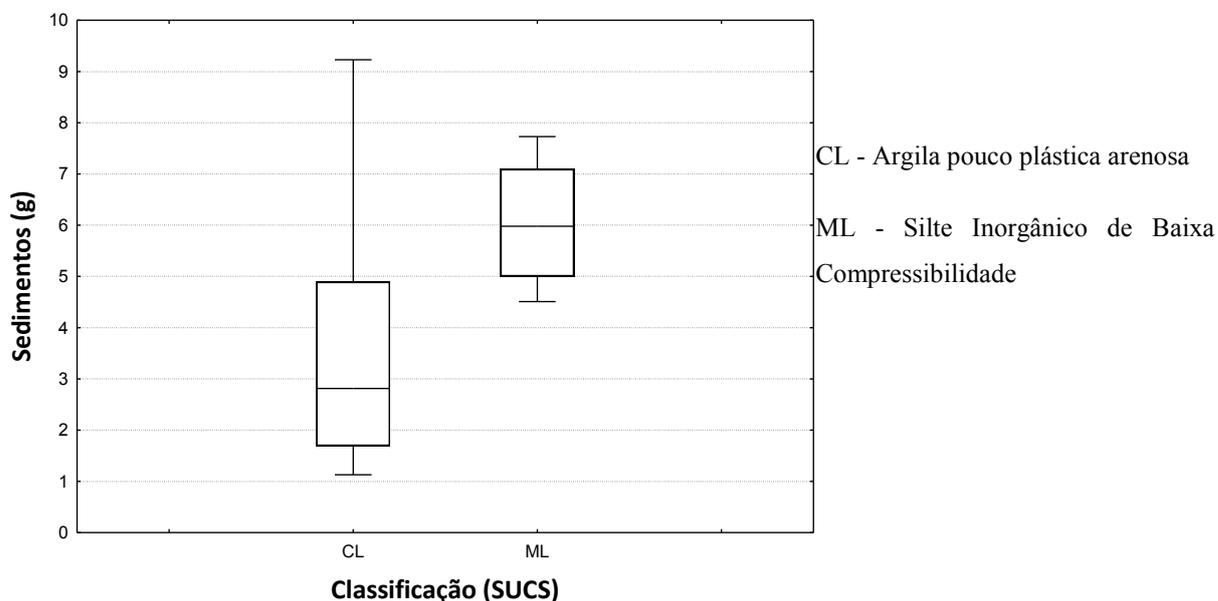


Figura 17 - Representação em *box plot* da diferença de produção de sedimentos em função da classificação dos solos.

6.2 Quantificação da produção de sedimentos dos solos marginais e não marginais

Para a realização dos ensaios de Inderbitzen do primeiro grupo, com 8 amostras, foi mantida uma vazão constante de $80 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$, a declividade da rampa conservada em 15° , com coleta dos sedimentos durante os intervalos de 1, 5, 10, 15 e 20 minutos. Os resultados concernentes à quantidade de sedimentos removida, durante o primeiro minuto de ensaio, apresentaram grande variação, o que levou ao seu descarte, pois o que de fato se buscava, aqui, era conhecer o comportamento da erodibilidade dos solos marginais frente à tensão de arraste gerada ao longo do tempo de continuidade de simulação do escoamento superficial.

As curvas representantes da variação da taxa de produção de sedimentos, ao longo do tempo, estão apresentadas na Figura 18. Ao analisá-las, é possível perceber que a referida taxa apresenta tendência de redução ao longo do tempo, e o alcance de uma relativa constância a partir do décimo quinto minuto de observação, apresentando, ao final

do vigésimo minuto de ensaio, um valor mediano de $2,8 \text{ g.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$, para um valor de tensão média de arraste equivalente a $5,8 \text{ Pa}$.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Pereira, Carvalho e Lima (2003), que também observaram tendência, da perda de solo nos primeiros cinco minutos do ensaio, vindo a se estabilizar aos 10 minutos.

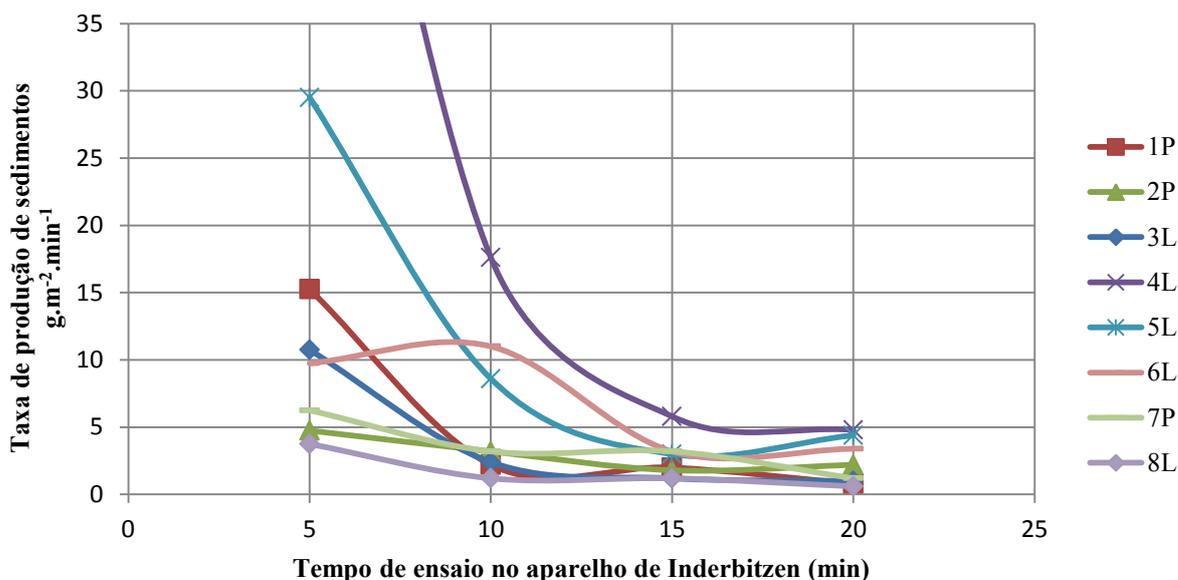


Figura 18 – Taxas de produção de sedimentos do primeiro grupo de amostras ensaiadas.

No entanto, para a realização dos ensaios de Inderbitzen do segundo e terceiro grupos de amostras, passou-se a variar a vazão e a declividade da rampa. Além disso, o tempo de coleta dos sedimentos foi ampliado para 40 minutos, com intervalos regulares de 5 em 5 minutos. Nessas circunstâncias, foi possível comprovar que a alteração da tensão de arraste gerada pela variação da vazão e da declividade da rampa de escoamento, praticamente impossibilita a estabilidade dos valores da taxa de produção de sedimentos, mesmo dobrando o tempo de observação e medição.

Algumas amostras submetidas a esta condição de ensaio, tiveram sua taxa de produção de sedimentos bastante ampliada, conforme está mostrado nas Figuras 19 e 20.

O mesmo ocorreu durante os ensaios realizados por Mendes (2006) e Rego (1978), em que foram verificados o destacamento e carreamento de pequenos agregados de

partículas, em intervalos de tempo variáveis, ocasionando aparente estabilização em determinado instante e retomada do aumento de perda de solo em seguida.

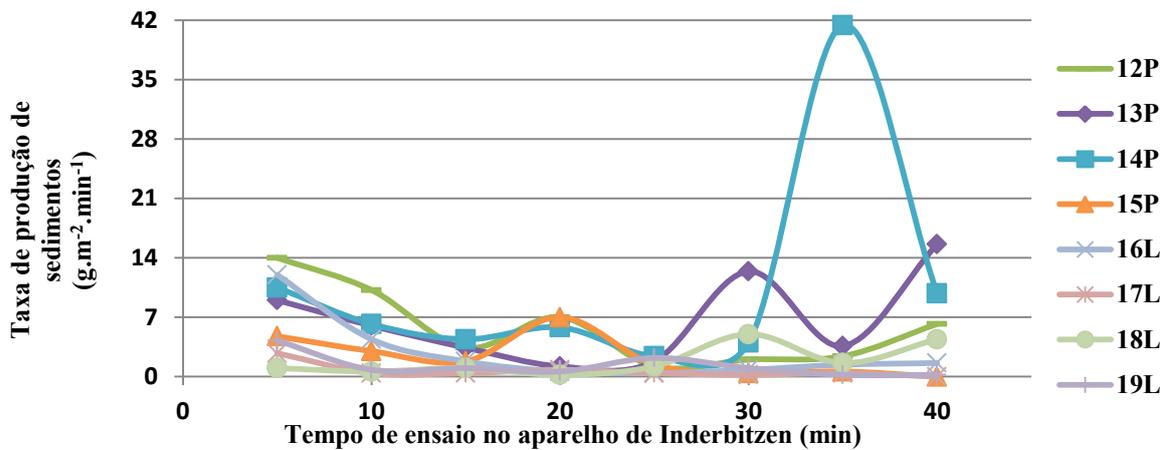


Figura 19 - Taxas de produção de sedimentos do segundo grupo de amostras ensaiadas.

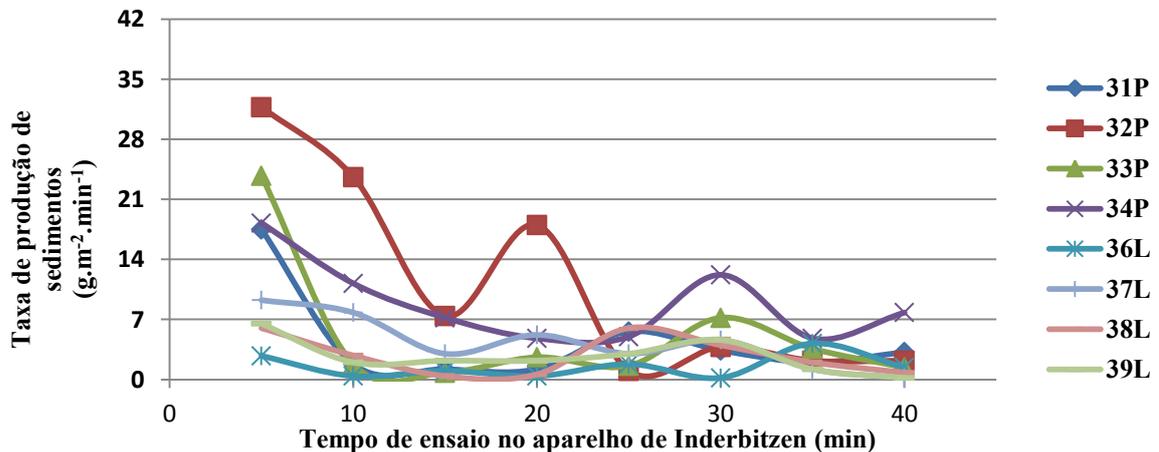


Figura 20 - Taxas de produção de sedimentos do terceiro grupo de amostras ensaiadas.

Os valores muito diferentes encontrados para as taxas de produção de sedimentos ou para as tensões de arraste, entre as amostras, podem ser relacionados a alterações na estrutura do solo, que não foram documentadas, assim como ocorreu durante as experiências realizadas por Merz e Bryan (1993), sobre um mesmo solo, com amostras de solos idênticos, preparadas de maneira semelhante, que resultaram em valores de tensão de cisalhamento que variaram entre 1,8 e 13,5 Pa. Rauws e Govers (1988) também chegaram a resultados bastante diferentes entre si, com valores de tensão de cisalhamento variando de 2 a 9 Pa, ao analisarem a tensão crítica de arraste no estudo dos aspectos mecânicos e hidráulicos desencadeadores de processos erosivos em um mesmo tipo de solo.

Diante dos resultados, é preciso reconhecer a dificuldade em se encontrar alguma forma de simetria entre as funções que descrevem o processo de transporte de sedimentos,

cujas equações empiricamente consolidadas apresentam variações consideráveis entre seus resultados. Portanto, com o objetivo de confirmar a legitimidade dos valores encontrados no ensaio de Inderbitzen, optou-se por comparar a estimativa de descarga sólida obtida através do uso de modelos numéricos com valores medidos no referido ensaio. Os valores estão apresentados na Tabela 2, onde é possível verificar como melhor estimativa de descarga sólida, a obtida com a aplicação do modelo numérico de Kalinske (1942, *apud* Einstein 1950).

Tabela 2 – Cálculo do erro de estimativa da descarga sólida “Qs” com o uso das equações de transporte de sólidos

Origem do valor da descarga sólida (Qs)	Descarga sólida Qs (kg. m⁻².s⁻¹)	Erro de estimativa da descarga sólida (Qs) (%)
Valor observado durante o ensaio de Inderbitzen	0,32	-
Shields (1930, <i>apud</i> Sturm 2010).	0,54	68,75
Kalinske (1942, <i>apud</i> Einstein 1950)	0,17	46,87
Karim e Kennedy (1990)	0,097	69,68
Nearing <i>et al.</i> (1997)	1,73x10 ⁻³	99,45

Também baseada nos conceitos clássicos, porém buscando uma forma de evidenciar a situação de início do movimento de partículas, uma série de modelos estatísticos foi proposta para representar o transporte de sedimentos e a descarga sólida. A primeira equação envolvendo conhecimentos estatísticos foi estabelecida por Kalinske (1942, *apud* Einstein 1950), que tentou representar as flutuações turbulentas em vez de uma tensão de arraste. Naquela época, tratou-se de uma mudança de paradigma que se tornou necessária ao se perceber a necessidade de inclusão da influência da turbulência de uma forma mais explícita na tentativa de se esclarecer melhor o movimento incipiente das partículas. Também é mérito de Einstein (1942, 1950), que percebeu essa lacuna nas teorias de transporte e passou a incorporar o conceito de turbulência. No entanto, devido à falta de uma boa teoria para explicar a turbulência naquela ocasião, o cientista a incluiu de uma maneira indireta, por meio de leis estatísticas baseadas em observações, em vez de uma dedução teórica. Dessa forma, as equações de transporte de sedimentos propostas por Kalinske (1942) e Einstein (1950) são puramente probabilísticas e, portanto, diferente da

representação através de mecânica, utilizada na dedução de leis termodinâmicas (STURM, 2010).

O modelo de Kalinske (1942) se mostrou eficiente na estimativa de descarga sólida para os solos marginais aqui tratados, apresentando o menor erro de estimativa com valor de 46,87%. Cantalice *et al.* (2005) também relatam sua dificuldade de ajuste de modelos de estimativa do transporte sólido em seus estudos de solos com as características das áreas agrícolas. Assim como ocorreu com esses autores, pode-se admitir que a ocorrência de lâmina de escoamento pouco espessa, bem como as condições de um experimento de laboratório com as diversidades físicas e mineralógicas das partículas constituintes do solo, podem levar à grande variação na produção da descarga sólida.

Para evidenciar que as amostras de solos retiradas de locais próximos às margens do córrego, apresentam uma maior produção de sedimentos quando comparadas às amostras retiradas nos locais mais distantes, situados fora da mata ciliar do córrego estudado, buscou-se uma analogia entre a localização original do solo amostrado e o valor médio da taxa de produção de sedimentos, ao longo de todo o tempo observado durante o ensaio. Dessa maneira, foi possível verificar que existe uma diferença significativa entre as taxas médias de produção de sedimentos, pois as amostras provenientes dos solos marginais (média perto) apresentaram uma taxa média de produção de sedimentos 3,5 vezes maior do que a taxa média calculada para as amostras retiradas de locais com distância maior do que 50m das margens (média longe). Para o quadragésimo minuto de ensaio essa diferença aumentou para 8,5 vezes.

As taxas médias de produção de sedimentos, ao longo do tempo, estão apresentadas no gráfico mostrado na Figura 21, onde também pode ser ressaltado que apenas as amostras provenientes de solos mais distantes do córrego apresentam tendências à estabilidade das taxas médias de produção de sedimentos, especialmente a partir do décimo quinto minuto de ensaio, o que não ocorre com as amostras dos solos marginais, até o quadragésimo minuto, quando se encerravam as coletas de sedimentos. Esse comportamento é provavelmente explicado pela estrutura alterada dos solos transportados, resultantes da erosão, transporte e acumulação sedimentar recente de solos pré-existentes, constituindo um material não consolidado, com suscetibilidade a processos erosivos.

Com as análises dos resultados, buscou-se uma relação que melhor descrevesse o comportamento dos solos marginais frente à produção de sedimentos. Como já foi descrito,

a tensão de arraste é influenciada pelo peso específico do fluido, e pela vazão de escoamento junto com a declividade da rampa que interferem diretamente na altura da lâmina d'água e conseqüentemente no raio hidráulico; enquanto a variação da produção de sedimentos está vinculada às características físicas do sedimento. Diante de tantas variáveis, só foi possível identificar uma correlação moderada ($R^2 = 0,681$) entre a taxa de produção de sedimentos medida no intervalo de 35 minutos de ensaio e a tensão de arraste calculada. O gráfico mostrado na Figura 22 apresenta o prolongamento da linha de tendência com indicação do valor de $3,0 \text{ N.m}^{-2}$ para a tensão crítica de cisalhamento, responsável pelo início do movimento das partículas.

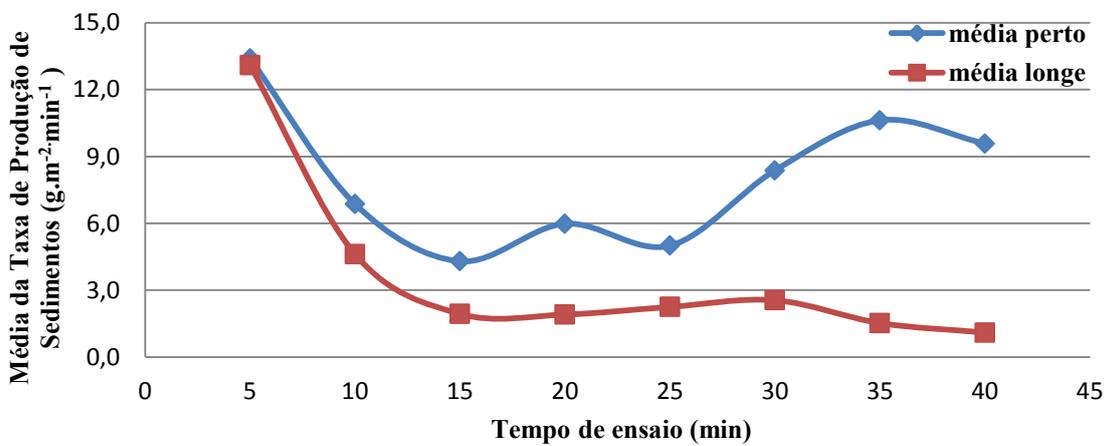


Figura 21 – Diferença da taxa média de produção de sedimentos entre os solos marginais e não marginais.

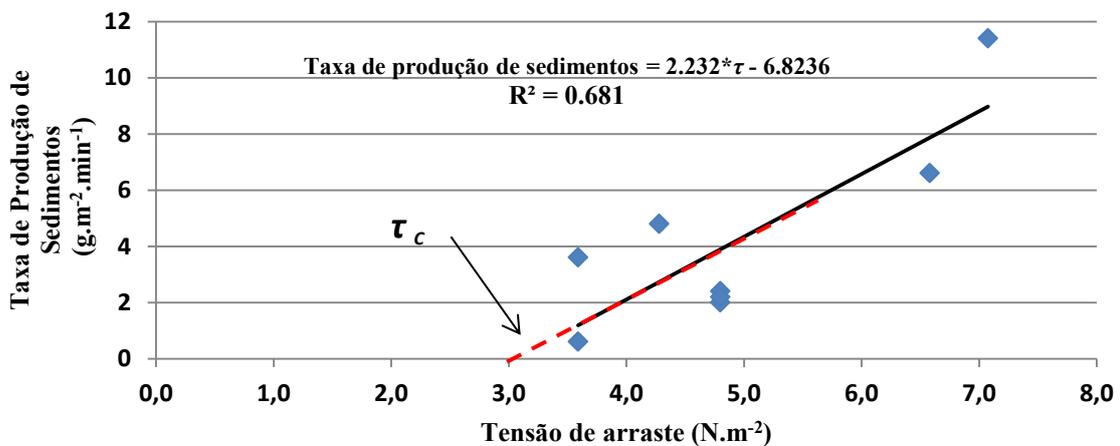


Figura 22 – Correlação entre a taxa de produção de sedimentos medida aos 35 minutos de ensaio e a tensão de arraste calculada.

6.3 Estimativa da erosão de margem no córrego Samambaia com uso do modelo HEC-RAS

6.3.1 Seleção dos eventos chuvosos monitorados

Durante a etapa de separação dos eventos ocorridos no período de monitoramento, foi possível a identificação de 18 eventos de chuva. No entanto, para efeito de calibração e validação do modelo HEC-RAS, quatro destes eventos foram selecionados e estão mostrados na Figura 23. Apesar de o monitoramento ter ocorrido durante os cinco primeiros meses do ano, que corresponde ao período chuvoso na região, o fato da bacia hidrográfica estudada apresentar boa parte de sua área com características rurais, coopera para que ainda não haja grandes elevações do nível da água, devido a presença de poucas áreas impermeabilizadas, o que contribui para um menor escoamento superficial e a geração de vazões baixas que não irão criar grandes alterações na altura da lâmina d'água do Córrego Samambaia. Esse comportamento indica que sob esse aspecto, a bacia ainda apresenta áreas com condições naturais conservadas, o que é muito útil na avaliação da capacidade de suporte natural dos cursos d'água.

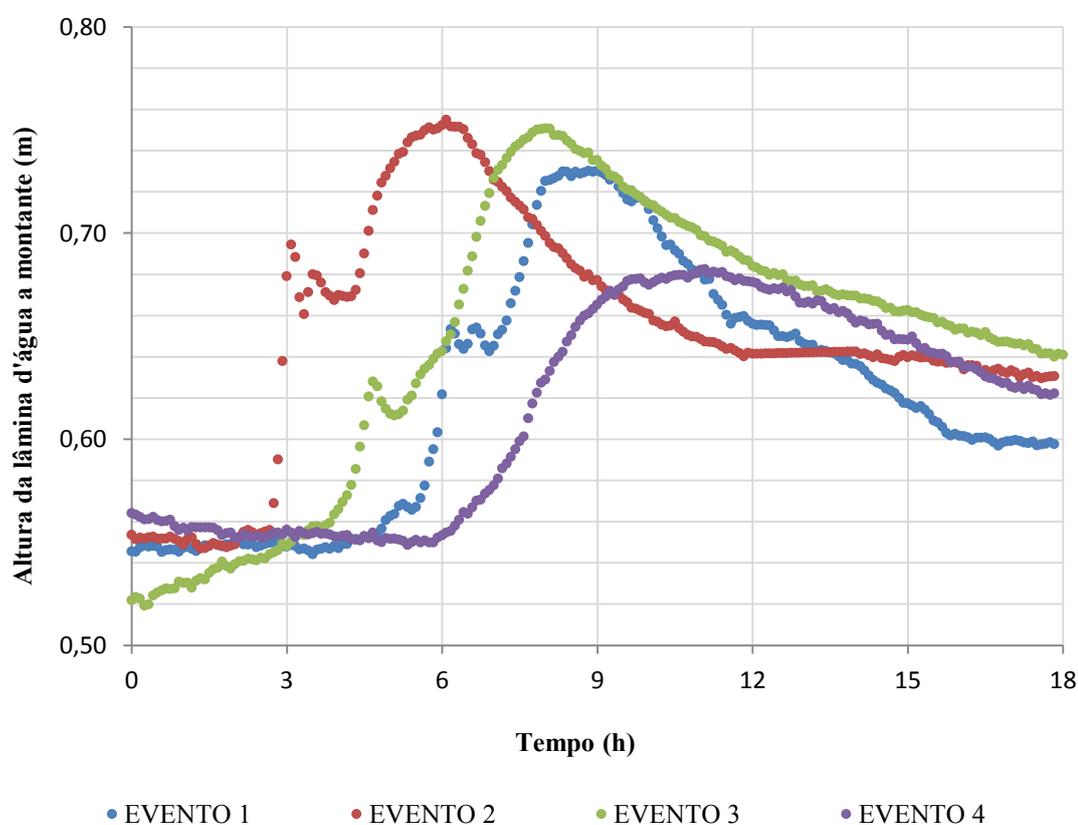


Figura 23 – Eventos de chuva selecionados no trecho monitorado do Córrego Samambaia com apresentação da altura da lâmina d'água medida na seção de montante.

6.3.2 Calibração e validação do modelo computacional HEC-RAS

A calibração do modelo HEC-RAS foi realizada com os dados observados durante o Evento 1. Os valores calibrados para o coeficiente de rugosidade hidráulica e declividade foram de 0,023 e 0,06, respectivamente. O comportamento da lâmina d'água observada e calculada, considerando estes valores, está apresentado na Figura 24 e mostra que o modelo apresentou um bom ajuste para os dados calibrados, representando melhor a situação de subida do limnigrama e demonstrando com este comportamento que o modelo conseguiu simular de forma satisfatória, para as condições observadas do evento no campo, as alturas das lâminas d'água medidas a jusante do trecho do canal estudado.

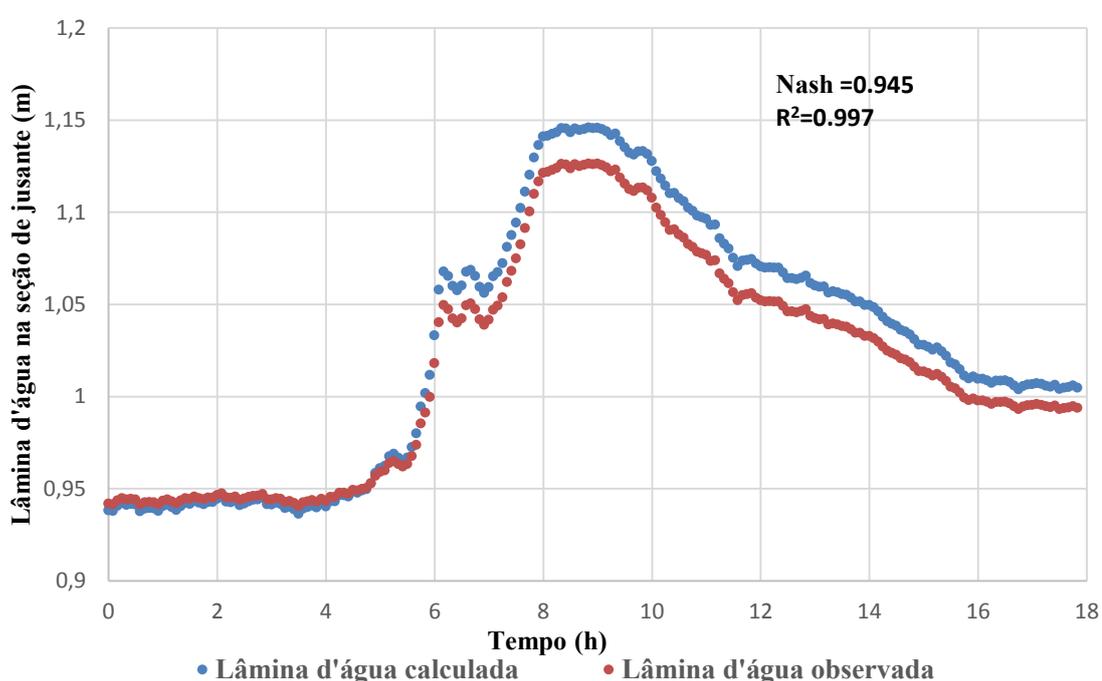


Figura 24 – Lâminas d'água observadas e calculadas para o Córrego Samambaia considerando o Evento 1

A diferença observada no pico do limnigrama entre os valores observados e calculados, foi pequena, cerca de 2 cm, um valor apropriado, ao considerar que a precisão na medição do nível de água do aparelho é de 0,5cm, podendo ser considerado como um erro reduzido para as condições simuladas. Não houve diferença entre os tempos observado e calculado para o alcance dos valores máximos de lâmina d'água, o que se deve à pequena distância entre os pontos de monitoramento.

Para a etapa de validação, os ajustes encontrados para o coeficiente de rugosidade e para a declividade, na fase de calibração do modelo, foram aplicados a outros 3 eventos observados no mesmo trecho do canal estudado. Os resultados da validação do modelo

Essa informação, associada ao conjunto de unidades geomorfológicas, refletem o alcance da escala de controle e possibilita a redistribuição de energia definindo o processo erosivo associado à forma de deposição de sedimentos.

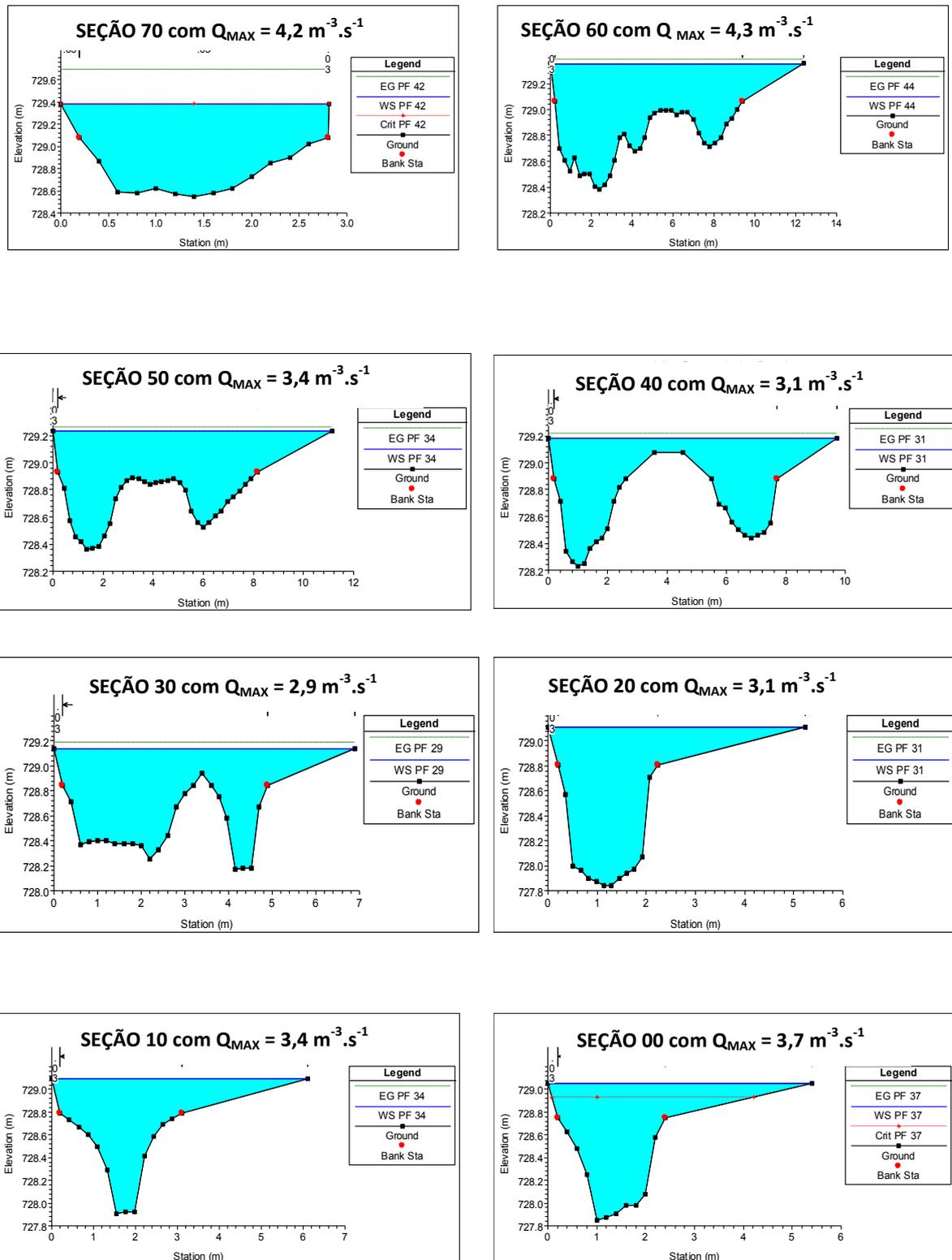


Figura 26 – Detalhamento das seções do Córrego Samambaia, com suas respectivas vazões máximas.

As tensões de arraste identificadas em cada seção do trecho estudado do córrego Samambaia, mediante a variação da vazão, estão apresentadas na Figura 27.

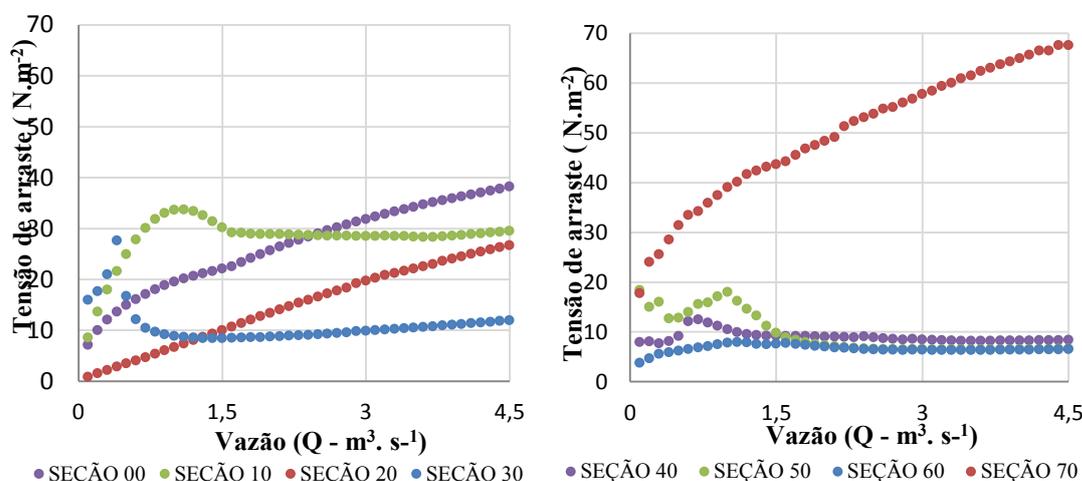


Figura 27 – Tensões de arraste identificadas em cada seção do trecho estudado do córrego Samambaia, mediante a variação da vazão.

O modelo comprovou a relação do comportamento das tensões de arraste com a variação das vazões, especialmente na seção de montante, indicada como Seção 70, pois o aumento da tensão de arraste apresenta-se diretamente proporcional à ampliação da vazão, confirmando a situação encontrada em campo, onde a seção configura-se como a mais alterada de todas as seções estudadas, provavelmente por estar situada imediatamente após um bueiro, responsável pela concentração de fluxo e aumento extraordinário de vazão e, por conseguinte, pelos danos relacionados com a produção e transporte de sedimentos.

As três últimas Seções do trecho estudado, representadas como Seções 20, 10 e 00, também demonstram crescimento proporcional das tensões de arraste mediante o incremento de vazão, indicando a propensão dessas seções a maiores efeitos de processos erosivos.

Já as Seções 60, 50, 40 e 30 apresentam tendências de estabilização dos valores de tensão de arraste, mesmo com a ampliação de vazão, o que indica a predisposição da área à deposição de sedimentos. O resultado simulado nessas seções coincide, também, com a situação de campo, pois a ilha de sedimentos do trecho estudado está situada entre as últimas seções citadas.

A energia de fluxo disponível na seção 70, influenciada pela implantação do bueiro, é suficientemente alta para manter o domínio do transporte dos sedimentos junto àquele trecho do córrego, mantendo um equilíbrio entre a entrada e saída de partículas. Porém, a

partir da Sessão 60, pode-se admitir que a acumulação de partículas provenientes de montante, assentados em bancos (aqui apresentados como ilha de sedimentos) reflete a possível redução no declive do leito a jusante, entre as seções 60, 50, 40 e 30, confirma a ampliação “natural” da largura do canal exercendo considerável influência na definição de sua forma e geometria.

Desse modo, ao se identificar a vazão determinante da capacidade de suporte de um córrego urbano, apenas a consideração da maior vazão no trecho avaliado não é suficiente, sendo necessário analisar a influência de todos os valores possíveis de vazão em toda a extensão do canal, pois além dos prejuízos provocados pela desagregação e transporte de partículas, é preciso bastante ponderação a respeito das consequências motivadas pela deposição dos sedimentos, bem como àquelas ocasionadas por vazões menores geradoras de tensões de arraste insuficientes para o transporte contínuo das partículas, o que permite sua sedimentação e contribui com a redução da profundidade útil do canal, amplia os níveis de elevação do nível d’água, aumenta a probabilidade de inundação e enchentes nos arredores, o que constitui um importante impacto sobre a sociedade e o aparelhamento urbano.

6.4 Caminhos para o enfrentamento do desafio ambiental pelo profissional da engenharia civil

Um meio encontrado para identificar e compreender o modo como o desafio ambiental é enfrentado pelos profissionais da Engenharia foi a realização de entrevistas com uma amostra formada por profissionais graduados em Engenharia Civil e atuantes como docentes nos Cursos de Engenharia Civil das seguintes instituições: Universidade Federal de Goiás e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Os indivíduos selecionados, cujas entrevistas foram consideradas nesta tese são, em sua maioria, ex-alunos das instituições aqui mencionadas e, atuam tecnicamente como engenheiros civis. Tais características foram imprescindíveis para se identificar claramente a forma como estes profissionais assumem o desafio da construção do espaço urbano, seja como projetista, construtor ou como formador de novos profissionais que atuarão nesta área.

Após a realização das entrevistas, estas foram transcritas e analisadas em busca dos discursos recorrentes nas enunciações dos entrevistados para a estruturação de categorias,

que permitiram caracterizar os conceitos que os docentes Engenheiros Civis sintetizam de suas experiências acadêmicas e profissionais, da relação entre a prática da Construção Civil e a conservação do meio ambiente. Duas categorias foram sistematizadas no Quadro 3, com suas subcategorias e seus respectivos significados.

Quadro 3 – Categorias definidas durante a análise de conteúdo

Categoria 1 - Engenharia Civil e a ciência	
Subcategorias	Significado da subcategoria
1.1 Concepção da Engenharia como ciência aplicada	Identificação do conceito de ciência para representantes dessa comunidade científica.
1.2 Compreensão da interdisciplinaridade	Pressupostos da prática interdisciplinar dentro da formação acadêmica do Engenheiro Civil.
1.3 Meio ambiente como deflagrador da pesquisa	Verificação da temática meio ambiente como propulsora de investigações científicas na Engenharia Civil.
Categoria 2 - Engenharia Civil perante o desafio ambiental	
Subcategorias	Significado da subcategoria
2.1 Educação ambiental	Educação ambiental como estimuladora de mudanças na forma de se projetar e construir.
2.2 Conflitos entre as atividades da Engenharia Civil e o meio ambiente	Abordagem da atuação profissional perante os desafios ambientais.

6.4.1 Categoria 1 - Engenharia Civil e a ciência

Esta categoria procura sistematizar a compreensão do conceito de ciência para representantes da comunidade científica de Engenheiros Civis. A seleção de fragmentos das interlocuções de alguns dos dez entrevistados (aqui identificados como E1, E2... E10), demonstra certa dificuldade de uma meta-reflexão sobre o papel da Engenharia enquanto produtora de ciência, por se reconhecer a atuação do Engenheiro Civil como resultado da aplicação direta da ciência. Procuramos explorar a interdisciplinaridade e o meio ambiente dentro da formação acadêmica do Engenheiro Civil como elementos incentivadores de investigações científicas dessa profissão.

6.4.1.1 Concepção de Engenharia como ciência aplicada

E1: “O principal papel da pesquisa é gerar conhecimento e aí entra a discussão da pesquisa aplicada e da pesquisa científica (...). **Então não precisa ficar fazendo muita distinção entre os dois tipos de pesquisas.** Em todas as áreas é importante estar pesquisando, desde a ciência pura lá da matemática, (...), até você pegar o conhecimento que foi gerado lá na ciência pura e tentar transformá-lo em **alguma coisa de uso mais imediato**”.

E2: “E a universidade tem tido muitas pesquisas que têm colaborado para a formação de doutores. Um título de doutor é dado a um especialista em um único tema, e continuam os mesmos problemas nas edificações, na infraestrutura urbana. Talvez, se tirássemos um tempo para as universidades, dentro do que já se sabe **buscar soluções preventivas, interventivas, corretivas para resolver os problemas que nós já criamos** (...) quero ressaltar que não sou contra projetos de ponta, **eu acho que tem de ter a pesquisa pura e a pesquisa tecnológica, ambas são necessárias**”.

Nos fragmentos citados, fica evidenciado um aspecto fundamental da visão de ciência por parte dos engenheiros entrevistados, uma concepção empirista que nos remete a BACON (1973):

Mas aqueles dentre os mortais, mais animados e interessados, não no uso presente das descobertas já feitas, mas em ir mais além; que estejam preocupados, não com a vitória sobre os adversários **por meio de argumentos**, mais na vitória **sobre a natureza, pela ação; não em emitir opiniões elegantes e prováveis, mais em conhecer a verdade de forma clara e manifesta...** (BACON, 1973, p.79, **grifo nosso**).

O Engenheiro Civil entende a ciência como atividade com finalidade de contribuir para a melhoria das condições de vida do ser humano. Pode se perceber que para essa comunidade científica, o valor do conhecimento não está apenas em si, mas nos resultados práticos que podem ser produzidos com sua serventia à vida do homem. Para o pesquisador com tendências empíricas, há mais reconhecimento dos trabalhos experimentais que trazem frutos imediatos do que daqueles que trazem luz sobre importantes problemas teóricos, que mais tarde acabarão por contribuir com soluções para questões práticas.

O profissional da Engenharia Civil percebe a sua atuação como forma prática de resolução de problemas e enxerga a ciência, com certo otimismo epistemológico, atribuindo-lhe potencialidade para uma aplicação imediata. Kuhn (1989) ressalta que o cientista vai sempre encontrar um processo em andamento cuja origem se perde em tempos progressos, e as crenças que já estão estabelecidas fornecem a base para a pesquisa continuada, cujos resultados poderão inclusive mudar esses alicerces. Para o autor, há atividades que não visam realizar descobertas e nem produzir teorias, e, isso não deprecia determinado ofício. Porém, uma preocupação excessiva com problemas úteis, sem considerar sua relação com a ciência e com as técnicas existentes, pode inibir o desenvolvimento do conhecimento científico.

Ao propor aos profissionais docentes da Engenharia Civil a meta-reflexão sobre o seu papel, ultrapassando a visão exclusivamente técnica, distinguindo-se como produtor de ciência, é perceptível uma nuance de recusa embasada na argumentação de que a investigação, nessa área, deve ocorrer constantemente de forma prática para resolução das situações problema. A compreensão das dificuldades e a busca de soluções para elas, também, consiste em uma atividade científica dentro de um paradigma, e assinala o que se conhece como um período de ciência normal, atividade na qual, a maioria dos engenheiros tem empregado quase todo seu tempo, fundamentada no pressuposto de que essa comunidade científica conhece a realidade do mundo, e procura articular esse fundamento de modo a ampliar sua aplicabilidade.

6.4.1.2 Compreensão da interdisciplinaridade

Provocando a reflexão nos professores e comentando sobre uma abordagem pedagógica que permita a inter-relação dos conhecimentos nas disciplinas de Engenharia Civil, foi possível identificar que há disposição para a superação da maneira tradicional e fragmentada de se ensinar os conteúdos programáticos, e que a multidisciplinaridade e a interdisciplinaridade são apontadas como caminhos para a resolução dos atuais desafios vivenciados pelos profissionais da Engenharia Civil.

E2: “Não adianta eu fazer pesquisas em torno de um só problema que talvez nem existisse se eu tivesse pensado de maneira interdisciplinar”.

E3: “... eu não vou discutir essa questão de conceitos de interdisciplinaridade, de multidisciplinaridade. **Eu só acho importante isso, que exista um trabalho conjunto entre profissionais de diversas áreas, seja na academia, seja na atuação profissional**”.

E9: “Então eu tento trabalhar assim (de maneira interdisciplinar), apesar disso não estar de forma clara no currículo, quando você pega a ementa da disciplina não está claro essa forma de abordagem e **tudo fica restrito à habilidade, ao interesse e ao preparo do profissional docente responsável pela disciplina, porque lá na ementa o que está estabelecido é a forma tradicional de se trabalhar a disciplina**”.

E10: “... eventualmente o professor comete o equívoco de ignorar a estrutura curricular do curso e acaba ensinando o **que ele acha que é importante** (...) a Engenharia é uma formação profissional plena em que o profissional precisa conseguir entender o todo. (...) E acho que ainda tem esse tipo de problema, de achar que é possível a formação profissional com um "ajuntado" de informações. **O professor de cada disciplina precisa ter a capacidade de mostrar a relação de um conteúdo com o outro**”.

A interdisciplinaridade quando é necessária se mostra e revela sua importância. E isso é notável, pois apesar de aqui presenciarmos certa resistência, ou talvez, até mesmo um pouco de desinteresse de alguns entrevistados para a discussão conceitual da interdisciplinaridade científica, fica explícito que eles têm a clareza do mérito de se

estabelecer relações entre os conteúdos e disciplinas. A necessidade de aproximação dos diferentes campos de conhecimento já se evidencia para a Engenharia Civil, e o docente percebe isso, apesar de ainda não se configurar uma crise paradigmática, pode constituir-se como um indicador do surgimento de anomalias.

É crescente a complexidade dos problemas atualmente enfrentados, numa sociedade, na qual as mudanças rápidas exigem políticas que fomentem o trabalho e a pesquisa interdisciplinar. Na análise das assertivas dos entrevistados, é perceptível a intenção de resolver os problemas causados pelo desenvolvimento tecnológico e pela falta de diálogo entre os saberes decorrentes da especialização em demasia. No entanto, um grande desafio epistemológico para os professores envolvidos com a formação de novos engenheiros, está à frente da necessidade de melhorar o entendimento entre as disciplinas de diferentes áreas de conhecimento e das áreas entre si. É preciso envolver a filosofia do conhecimento em suas vertentes variadas, de modo a favorecer uma formação interdisciplinar e humanista, com diferentes práticas de ensino, pesquisa e extensão, de modo a associar os momentos de reflexão e a inserir a responsabilidade social em cada etapa da produção científica e tecnológica desse profissional em formação.

Jantsh e Bianchetti (1995) afirmam que o processo de fragmentação do conhecimento e do trabalho foi historicamente imposto e consolidado. Se a tecnologia atualmente disponível dispensa parte relevante do trabalho manual, é imperativo um maior esforço para a superação do conhecimento fragmentado, com a valorização do profissional capaz de planejar, executar e avaliar. Assim, ao deixar de superestimar o especialista e usando o “motor epistemológico” da interdisciplinaridade, cooperamos para o avanço da ciência, pois a consideração da interdisciplinaridade como um princípio teórico metodológico da diferença e da criatividade permite a exploração das potencialidades de cada ciência, o que constitui um ponto de equilíbrio entre a análise fragmentada e a síntese simplificadora.

A indispensabilidade do trabalho interdisciplinar vem da forma do homem produzir-se enquanto ser social e enquanto sujeito e objeto do conhecimento social (FRIGOTTO, 1995). Ao transcender a fragmentação, superamos as heranças do empirismo e do positivismo que tende a cercear a realidade que por si só é complexa. Sabemos que o conhecimento não é neutro porque as relações que ele tenta apreender também não são imparciais, e, aí está uma das maiores limitações para o trabalho pedagógico interdisciplinar, em que se evidencia o domínio de uma formação fragmentária positivista tanto do educador como das condições de trabalho.

A docência não é uma atividade simples, ela requer estímulo e orientação durante todo o processo de aprendizagem do aluno. E a interdisciplinaridade, como tudo na docência, depende de múltiplos aspectos relacionais, afetivos, volitivos, cognitivos, didático-pedagógicos, entre outros, que não podem ser considerados de forma separada. É primordial trazer para a Engenharia Civil um componente de empreendimento da aprendizagem social, para superar a abordagem restrita solucionadora de problemas ou descobridora da verdade, adotando o conceito da multiplicidade de formas de manifestação social do saber inserido num contexto de relacionamento mútuo. A interdisciplinaridade é uma proposta, segundo Leff (2000), para restabelecer as interdependências e inter-relações entre diferentes processos, ou seja, consiste em uma estratégia capaz de reintegrar o conhecimento para apreender uma realidade complexa, permitindo a reunião do saber dentro de projetos que envolvam desde disciplinas acadêmicas até práticas não científicas, incluindo as instituições e seus diversos atores sociais. A interdisciplinaridade não pode desvalorizar os saberes provenientes das disciplinas, uma vez que o problema não está em destituir sua competência individual, mas sim que estas se desenvolvam de forma articulada umas com as outras, pois a prática interdisciplinar pressupõe um diálogo entre os saberes, porém sem perder as especificidades das especialidades (MORIN, 1995).

Ao adotar uma postura realmente interdisciplinar, o docente estará extrapolando a condição exclusiva de transferência da informação, que não contribui com o crescimento cognitivo e dificulta a concepção de novos saberes. O estímulo promovido pelas teorias integradoras amplia as possibilidades de atuação e de decisão do novo profissional que se forma, aumenta a sua liberdade efetiva frente às decisões a serem tomadas, permite a concretização do saber em espaços além da universidade, promove a superação do fenômeno do saber escolar decorado, repetido e cristalizado, ao mesmo tempo em que o capacita para aplicar os saberes construídos na reformulação do mundo cotidiano.

6.4.1.3 Meio ambiente como fomento da pesquisa

Durante as entrevistas procuramos identificar se a conservação e a sustentabilidade ambiental já constituem objetos de pesquisa da Engenharia Civil, ou se esses parâmetros ainda são considerados como acessórios complementares, que surgem de forma quase imprevistas durante a análise dos resultados, não tendo sido instituídos como determinantes significativos na condução de pesquisas científicas ou tecnológicas dessa profissão.

E1: “a questão de meio ambiente é uma questão de consciência pública e não é só questão de consciência profissional. A mobilização logística que a engenharia estabelece para dar conta do lixo, os aterros sanitários, é uma coisa absurda. **Reconheço que a engenharia ainda deve muito nessa questão**”.

E3: “Acho que a gente precisa mesmo melhorar, e eu sinceramente **não conheço grandes pesquisas que se pautaram pela preservação ambiental, pode ser que até aconteceu naturalmente, mas não foi um ponto de partida. E eu acho que é isso que a gente precisa mudar nos nossos programas de pós-graduação e inclusive na própria graduação**”.

E10: “A Engenharia se vangloria de criar tecnologias de grande desempenho (...) ela se pauta pela busca da eficiência, da melhoria do desempenho, e precisaria desenvolver um olhar mais amplo, ver o meio ambiente, por exemplo. **Nossas pesquisas precisam ser contextualizadas** e os resultados devem ser avaliados de fato, destrinchados, revirados do avesso”.

Para os profissionais entrevistados, o meio ambiente já fundamenta, ainda que de forma tênue, as pesquisas na Engenharia Civil. Porém, a busca por proposições de alternativas de novas relações entre natureza e sociedade ainda é incipiente. Mais uma vez confirmamos a necessidade de ampliação de momentos de reflexão, ainda na formação acadêmica, sobre a maneira pela qual os saberes se organizam e se constroem nessa profissão, de modo a favorecer a produção de novos conhecimentos.

De acordo com Kuhn (1989), uma nova teoria não precisa entrar em conflito com qualquer de suas predecessoras, podendo apenas tratar de fenômenos antes desconhecidos ou simplesmente desconsiderados, como é o caso da Engenharia perante o meio ambiente. O importante é estabelecer relações compatíveis entre teorias distintas considerando a contextualização, pois um olhar sobre o processo histórico, sob o qual a ciência se desenvolveu, é o que impede que o desenvolvimento científico seja considerado puramente cumulativo. Nessa situação, a Engenharia carece de uma nova teoria, mais aprofundada, capaz de integrar o atual grupo de conhecimentos e tecnologias (já compreendidas e consolidadas), sem a pretensão de uma substituição total, mas envolvendo e valorizando a dimensão ambiental.

O modelo de desenvolvimento da ciência adotado pelo profissional da Engenharia Civil, ainda, se configura pelo progresso cumulativo do conhecimento científico. Trata-se de uma mudança normal, em que novos conceitos são adicionados ao que já é conhecido e disponível. No entanto, para a gestão da relação nada harmoniosa entre o ser humano e o meio ambiente é preciso uma mudança revolucionária, que é mais problemática, pelo fato de envolver descobertas e pontos-de-vista que não podem ser acomodados nos limites dos conceitos tradicionais.

Loureiro (2012) ao trazer um olhar da ecologia política relacionado com a sustentabilidade ambiental, enfatiza a desigualdade dos interesses diversos em termos de recursos naturais demandados para a produção da existência humana. Trata-se de um movimento dinâmico, contraditório e conflituoso em que cada organização social estrutura suas práticas cotidianas. Nesse sentido, o Engenheiro tem apresentado iniciativas para

tentar resolver um problema que já foi compreendido através do conhecimento técnico adquirido na academia e durante os anos de sua atuação profissional. Ele já sabe o que deve alcançar, e alguns profissionais têm seus projetos direcionados para obtenção desses objetivos. Todavia, não há uma crise epistemológica porque estão apenas tentando resolver as anomalias. Um novo paradigma só emergirá a partir da superação do otimismo epistemológico, explanado no momento em que houver compreensão de que há um grande equívoco na confiança dos recursos naturais infundáveis, e na capacidade ilimitada de renovação dos recursos ou na expectativa do surgimento de uma tecnologia, quase milagrosa, capaz de consertar tudo.

6.4.2 Categoria 2 - Engenharia Civil perante o desafio ambiental

Os entrevistados foram abordados sobre a polêmica entre a necessidade de construir e os impactos ambientais negativos ocasionados. Cientes das obrigações sociais das obras de Engenharia Civil e, ao mesmo tempo, reconhecendo a inevitabilidade do impacto ambiental, os profissionais, embora indicando medidas somente mitigadoras ou compensatórias, demonstram ética, preocupação ambiental e reconhecem a responsabilidade social da sua profissão.

6.4.2.1 Educação ambiental

Confiantes na capacidade de identificar e adquirir novos valores e comportamentos relacionados ao meio ambiente global (REIGOTA, 2009), estimulamos os entrevistados a ponderar sobre o caminho individual percorrido na educação ambiental, com a intenção de compreender o modelo particular de formação da consciência ambiental e da percepção de suas responsabilidades perante os problemas ambientais.

E4: “A parte ambiental não era o foco quando eu entrei na engenharia. **Imaginava que engenharia civil era mais algo de transformação, de construção. Não algo relacionado a você criar sem desmanchar, ou criar sem impactar.** Percebi esse enfoque quando cursei a disciplina de Ciências do Meio Ambiente, foi a primeira vez em que fui provocada pela sustentabilidade.”

E5: “Lembro que na graduação tive sim Introdução às Ciências Ambientais (ICA) **mas só me lembro do nome da disciplina e mais nada dela!** (...) na época o tema ainda não era muito debatido, há alguns anos atrás se deixava de lado o meio ambiente. (...) **No mestrado tinham as disciplinas optativas, mas nem me lembro dessas disciplinas. E no doutorado havia uma disciplina optativa, acho que era a Geotecnia Ambiental, mas eu não fiz essa disciplina.**”

E7: “Quando eu fiz engenharia os professores trabalhavam o conteúdo técnico de engenharia, então, por exemplo, na disciplina de Saneamento, a gente via a parte de dimensionamento apenas, não se tratava de qualidade de água, por exemplo. **Era dada ênfase apenas à questão de cálculo de vazão, perda de pressão, perda de carga...** Eram os cálculos mesmo de engenharia. **O assunto mais relacionado aos impactos ambientais, realmente não eram abordados nas disciplinas técnicas.**”

Apenas na disciplina de Ciências Ambientais, que pela carga horária muito baixa, foram vistos apenas tópicos, uma introdução. ”

A forma fragmentada de se ofertar uma disciplina dificulta o estabelecimento dos nexos necessários entre os diferentes saberes para a construção do conhecimento relacionado ao meio ambiente. Somado a isso, encontramos a configuração opcional no currículo, revelando um conteúdo a ser incluído, provavelmente numa carga horária já sobrecarregada de conteúdos.

Por acreditar que para ser um sujeito consciente, é preciso ir além do conhecer a realidade, partindo de uma transmissão passiva de informações, reconhecemos que a falta de atividades de educação ambiental embasadas em elementos indutores de um processo de ensino-aprendizagem com característica crítica, dialógica, reflexiva e contextualizada na realidade, não irá contribuir, de fato, para um melhor exercício desse profissional diante dos desafios ambientais. A verdadeira conscientização induz o compromisso e o envolvimento com a causa ambiental, favorecendo a transformação da realidade.

Saito *et al.* (2011) defende que a contextualização da temática ambiental precisa explorar os conflitos socioambientais, expor as desigualdades de acesso aos recursos naturais e revelar a desproporcionalidade na distribuição dos riscos provenientes das atividades impactantes, de maneira a superar essa formação ingênua e simplista de análises teóricas, e propiciando ações legítimas de enfrentamento e de solução real dos problemas. Esse argumento encontra-se reforçado no documento chamado “Outro Futuro é Possível”, que tinha como objetivo principal a contraposição ao documento proposto pelos negociadores da ONU para a Conferência sobre Desenvolvimento Sustentável, “O Futuro que Queremos”, o documento afirma, em relação à educação, que:

O desenvolvimento de uma “subjatividade” crítica é um aspecto central na construção de uma pedagogia cidadã na atual conjuntura. Trata-se de restabelecer um sentido emancipador dos processos de empoderamento, entendidos como o desenvolvimento de recursos da comunidade para fazer política, gerar conhecimentos, potencializar os saberes e aprendizagens que se produzem nas lutas democráticas, e que necessitam lideranças inclusivas, organizações participativas, alianças com organizações democráticas da sociedade civil e a permanente e necessária “ponderação radical-pragmática” (inédito-possível, diria Paulo Freire) nas definições de acordos, consensos e associatividade entre a diversidade de atores que participam da política. (Fundamentos éticos, filosóficos e culturais. A educação que queremos e a complexidade do presente 2012; p.11)

Kuhn (1989) afirma que um enfoque historicista permite o reconhecimento dos fatores subjetivos que não podem ser omitidos na tentativa de explicar um processo de

investigação científica, pois para a revolução da ciência é preciso que haja diálogo, debate, tensões e até lutas entre os defensores de distintos paradigmas. É fato que os entrevistados estão imersos em um paradigma e interpretam o mundo conforme este.

Sabemos que a atividade científica é influenciada por interesses predominantemente das forças em disputa na sociedade, mas os fatores subjetivos precisam ser ponderados, como por exemplo, a existência de coletividades ou grupos sociais favoráveis ou contra uma determinada teoria, a essência de problemas éticos, e o prevalecimento dos interesses financeiros, de tal maneira que a atividade científica acaba sendo induzida pelo contexto histórico-sociológico em que se desenvolve. Assim, diante desse cenário, fica explícita a necessidade de ruptura definitiva com a educação ambiental conservadora, construída na confiança de que apenas a aquisição de princípios ecológicos desejáveis será suficiente para a condução a uma mudança comportamental. Admitimos a educação ambiental crítica (reconhecida também por outras denominações, como educação ambiental transformadora, emancipatória ou popular) como alternativa à uma educação ambiental hegemônica, que não acrescenta mudanças paradigmáticas significativas às transformações necessárias à sociedade do nosso século.

6.4.2.2 Conflitos entre as atividades da Engenharia Civil e o meio ambiente

Atualmente, a comunidade científica da Engenharia Civil admite uma situação conflituosa entre a atuação profissional e seus consequentes impactos ambientais. Ao perceber a disponibilidade de adoção de alternativas que possam atender às demandas técnicas, sociais e ambientais, é possível reconhecer que esta comunidade já iniciou a busca de soluções para tal problemática.

E1: **“Conflito não existe. Porque participo dessa profissão que causa os impactos ambientais, mas ao mesmo tempo, tenho a consciência de que é possível fazer um trabalho melhor.”**

E3: **“O conflito que existe é que o profissional da Engenharia Civil sabe disso, mas a questão não é saber dos problemas ambientais, não é saber da necessidade da sustentabilidade, a questão mais difícil é o como fazer?”**

E7: **“Eu não sou uma pessoa muito radical quando o assunto é o meio ambiente. Eu acho que tem coisas que você consegue contornar e compensar com algumas medidas. Olha, por exemplo, se eu tenho que implantar um viaduto e isso é importante para a cidade, vou ter de arrancar muitas árvores. Então tudo bem! Vamos compensar isso. - Quantas árvores vai arrancar? - Ah, vai arrancar 250 árvores. Então vamos pegar 250 x 10 dá 2.500, e vamos fazer o replantio dessas 2.500 em toda a região. Certas coisas na Engenharia são impactantes, mas tem que ser feito.”**

E9: **“Existe um conflito sim... Na medida em que você pensa isoladamente sem avaliar as consequências. Agora eu acredito que muitos profissionais da Engenharia que estão se formando já tem incorporado um pouco dessa mentalidade já voltada para diminuir o impacto ambiental”**

Apoiando-nos em nosso referencial teórico Kuhn (2006), percebemos que o reconhecimento desses conflitos pode ser entendido como o começo da identificação, por parte dos engenheiros civis, de certas anomalias no atual paradigma dessa ciência. O início de uma crise paradigmática poderá ser notado quando essas anomalias forem assumidas como objetos concreto e específico de estudos, uma situação que já podemos diagnosticar como em estado embrionário.

Como todo cientista, dentro da perspectiva de Kuhn, o Engenheiro Civil também se inicia na ciência de forma tácita. A obrigação de mitigar, evitar ou justificar a problemática ambiental provocada por suas atividades, está fazendo com que esse profissional se conscientize de seu paradigma, mas pode ou não indicar uma crise, uma vez que apresenta características claras de período de ciência normal.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto aos estudos realizados para a compreensão do comportamento diferente entre os solos marginais e os solos distantes das margens de um corpo d'água, a partir das atividades em campo e em laboratório, foi visto que a estabilização dos valores de velocidade de infiltração ocorreu após 2h 15 min, e a velocidade final de infiltração do solo localizado distante das margens do córrego, foi 52% maior do que a velocidade final de infiltração dos solos marginais. A maior lentidão no processo de infiltração dos solos marginais corrobora com as maiores taxas de produção de sedimentos desses solos.

Com relação aos ensaios de granulometria e sedimentação em todos os solos, independente de sua localização frente à proximidade do córrego, foi identificada a prevalência da parte fina, com predominância de areia fina, argila e silte. De acordo com a classificação SUCS, 83,3% das amostras foram consideradas como argila, pertencente ao grupo argila pouco plástica arenosa (CL). E 16,7% foram classificadas como siltes inorgânicos de baixa compressibilidade (ML) que produziram o dobro da quantidade de sedimento quando comparados com os solos da classe CL, evidenciando a propriedade mais erodível dos solos marginais.

O estudo mostrou que a alteração da tensão de arraste gerada pela variação da vazão e da declividade da rampa de escoamento, praticamente impossibilita a estabilização dos valores da taxa de produção de sedimentos nos solos marginais. Foi constatado que existe uma diferença significativa entre as taxas médias de produção de sedimentos com as

amostras provenientes dos solos marginais, apresentando uma taxa média de produção de sedimentos 3,5 vezes maior do que a taxa média calculada para as amostras retiradas de locais com distância maior do que 50m das margens. O comportamento dos solos marginais, frente à produção de sedimentos, pode ser demonstrado pela relação entre a tensão de arraste e a taxa de produção de sedimentos medida no trigésimo quinto minutos de ensaio, com uma correlação moderada ($R^2 = 0,681$).

Pode-se admitir que a ocorrência de lâminas de escoamento de baixa espessura, bem como as condições de um experimento de laboratório com as diversidades físicas e mineralógicas das partículas constituintes do solo, podem levar à grande amplitude de valores de produção de sedimentos. Porém, o modelo de Kalinske (1942) se mostrou eficiente na estimativa de descarga sólida para os solos marginais aqui tratados, apresentando o menor erro de estimativa, com valor de 46,87%.

A alta taxa de produção de sedimentos provenientes dos solos marginais do Córrego Samambaia e a instabilidade dos seus valores reforçam a importância de sua consideração nos estudos que buscam estabelecer uma metodologia para identificação de sua capacidade de suporte. Entretanto é importante se compreender o comprometimento de qualquer recurso natural como um processo interdependente com a multiplicidade das variáveis pertinentes às condições ambientais que se tornam ainda mais complexas com as intervenções humanas.

O estudo utilizando modelagem computacional, para a estimativa da erosão de margem no córrego Samambaia, com uso da versão 4.1 do *Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS)* permitiu constatar a importância da representação fidedigna do trecho do canal natural, com inserção de dados geométricos medidos em campo, e de valores de variação das lâminas d'água obtidos pelo monitoramento do córrego para o alcance de bons resultados simulados, coerentes com a realidade verificada em campo.

A aplicação do modelo computacional 1D HEC-RAS mostrou-se eficiente para identificação da ocorrência das tensões de arraste no trecho estudado do Córrego Samambaia, com a determinação da capacidade de suporte de um córrego urbano, em função da variação de sua vazão.

A vazão máxima relacionada como a capacidade de suporte do trecho estudado do Córrego Samambaia, frente à resistência de seus solos marginais às tensões de arraste e, conseqüentemente, à produção, transporte e deposição de sedimentos foi estimada pela média das vazões sem extravasamento nas seções, com o valor de $3,7 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, e com uma

tensão de arraste inferior a 30 N.m-2, exceto para as seções 70 e 00, de montante e de jusante, respectivamente.

O estudo de um trecho do córrego Samambaia foi suficiente para comprovar que o uso do solo de maneira desordenada, com excesso de áreas impermeáveis, geradoras de grandes alterações de vazão, causa desequilíbrio nas taxas de produção e transporte de sedimentos, alterações na morfologia de um curso d'água urbano e redução de sua capacidade de suporte.

A produção do conhecimento na Engenharia Civil usualmente parte de experiências empíricas, com valorização, quase exclusiva, dos estudos desenvolvidos em campo, em laboratório ou por meio de modelagens computacionais. Esta forma de “fazer ciência” constitui o alicerce de nossas pesquisas e tem o seu mérito, pois contribui com a previsão e compreensão dos cenários futuros e seus desafios ambientais, procurando resolvê-los de forma prática e objetiva. Atualmente é notório o declínio da disponibilidade dos recursos naturais, agravado pelas ações humanas, o que vem, de forma recorrente, comprovando que a razão cartesiana não é suficiente para essas demandas.

Os resultados obtidos e expostos nesta tese preconizam a impossibilidade de se considerar de forma exclusiva os aspectos técnicos para a determinação da capacidade de suporte dos córregos urbanos aos processos erosivos. No uso e gestão de um recurso natural é imprescindível que os profissionais da Engenharia Civil sejam capazes de ultrapassar o otimismo epistemológico, configurado na confiança de que as novas tecnologias serão sempre capazes de resolver as situações criadas, com os seus respectivos impactos ambientais gerados nas áreas de influência de cada empreendimento.

Não se trata de radicalizar com recomendações de recuo e contenção do desenvolvimento da indústria da Construção Civil. O que se conquistou aqui foi uma oportunidade de diagnóstico e de reflexão que favoreceu a indicação de caminhos e de alternativas provenientes dos próprios atores sociais envolvidos, o que deve ser valorizado, já que as mudanças paradigmáticas surgem a partir da compreensão por parte da comunidade científica, de que a ciência normal já não consegue mais resolver determinados problemas. Pensando assim, as possíveis soluções ainda estarão sujeitas à necessidade de real substituição do atual paradigma, pois os desafios ambientais enfrentados pela comunidade da Engenharia Civil não foram aqui identificados como provenientes de uma determinada incapacidade técnica profissional, ou da inviabilidade técnica de equipamentos e tecnologias.

Em se tratando da Engenharia Civil, tanto na academia como no cotidiano do profissional, revelou-se a carência do enfoque numa educação ambiental crítica, transformadora e articuladora de saberes tradicionais com os novos conhecimentos sobre o meio ambiente e os impactos gerados pelas atividades humanas. A ampliação da consciência socioambiental crítica, pautada em valores éticos de pertencimento dos atores sociais aos seus territórios e à natureza levam à reflexão sobre seus modos de vida e precisa estar inserido tanto na atuação profissional como na comunidade atendida por um determinado empreendimento de construção civil. A interdisciplinaridade pode ter capacidade para superar a maneira tradicional e fragmentada que a Engenharia apreende seus conhecimentos, se mostrando aqui, como um subsídio para o enfrentamento das questões ambientais com sua natureza múltipla de fenômenos complexos.

O nosso trabalho de investigação nos leva a concluir que a compreensão das dificuldades e a busca de soluções para elas, consiste em atividades científicas dentro de um paradigma, e assinala o que se conhece como um período de ciência normal, atividade na qual a maioria dos engenheiros tem empregado quase todo seu tempo, fundamentada no pressuposto de que essa comunidade científica conhece a realidade do mundo e procura articular esse fundamento de modo a ampliar sua aplicabilidade. Uma situação conflituosa entre o desempenho profissional e seus consequentes impactos ambientais já é admitida e na perspectiva Kuhniana, uma consciência de anomalia constitui uma exigência para a mudança de paradigma, pois o fracasso das regras e teorias existentes é o prelúdio para o início da busca por novos conceitos, princípios e posturas. Os problemas ambientais oriundos das obras de Engenharia Civil não são recentes, a compreensão da necessidade de mudanças nas maneiras de se projetar e construir indicam uma anomalia, mas ainda não se instituiu como momento de crise paradigmática.

8 REFERÊNCIAS

ALVARES, L.M.A.R. **Telecentros de Informação e Negócios como Veículo de Educação Corporativa nas Microempresas e Empresas de Pequeno Porte**. Tese de doutorado em Ciência da Informação - Universidade de Brasília. 2010. 247 p.

AMMA. Agência Municipal de Meio Ambiente da Capital Goiana. **Relatório técnico**. 2006.

ANDERY, M.A.; *et al.* **Para compreender a ciência. Uma breve perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

ANTÃO, C.F.N. **Seleção e dimensionamento de estruturas de proteção de margens de rios**. Dissertação de mestrado. Porto: Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, 2012. 130p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6459. Solo - Determinação do limite de liquidez de solos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. NBR 6508 Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 1984.

_____. NBR 6457. Amostras de solo - **Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização** . Rio de Janeiro. 1986.

_____. NBR 7180. Solo - **Determinação do limite de plasticidade de solos**. Rio de Janeiro. 1988.

_____. NBR 7181. Solo – **Análise granulométrica**. Rio de Janeiro. 1988.

_____. NBR 13602. Solo - **Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo - Ensaio de dispersão SCS - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 1996.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. São Paulo, 2011.

_____. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASTOS, C.A.B.; MILITITSKY, J.; GEHLING W. **A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico – pesquisas e tendências**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, N° 1, p.17-25, Nov., 2000.

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V.; von LINSINGEN, I. **Educação Tecnológica. Enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: UFSC, 2008.

BELGRADO, **Carta de**. Seminário Internacional de Educación Ambiental. Belgrado, 1975.

BENNETT, R. A., **The Sediment Transport and Capacity in the Channelized Portion of Hocking River**. Dissertação de Mestrado Faculty of the Russ College of Engineering and Technology of Ohio University. Athens, Ohio. 2012.

- BOGDAN, R.; BIKLEN, S.K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto Editora. 1994.
- BOOKER, P. J. *A history of engineering drawing*. London: Northgate. 1963.
- BRAJA, M. Das. Principles of Geotechnical Engineering. 7th. Stamford, USA: Cengage Learning. 2010.
- BRENNER, R **Agrarian class structure and economic development in pre-industrial Europe**. *Past & Present Oxford Journal*, 1976.
- BRESCIANI, M.S. **Cidades e urbanismo. Uma possível análise historiográfica**. POLITEIA: Hist. e Soc., Vitória da Conquista, Vol.9, n.1, p. 21 a 50, 2009.
- BRIERLEY, G. J., FRYIRS, K.A. **Geomorphology and river management: applications of the river styles framework**. Blackwell Science Ltd. 2005.
- BROWN, G.W. **Forestry and water quality**. 2nd ed. Oregon: [s.n.], 142 p. 1988.
- BRUNNER, G.W. HEC-RAS, **River Analysis System Hydraulic Reference Manual**. US Army Corps of Engineers. *Institute for Water Resources. Hydrologic Engineering Center*. Version 4.1. 2010.
- BUARQUE, C. **A aventura da universidade**. UNESP. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.
- CANTALICE, J. R. B; *et al.* **Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco-argilo-arenoso**. Seção VI - manejo e conservação do solo e da água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Vol.29. p.597-60. 2005.
- CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- CARVALHO J.C; *et al.* **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília. 2006
- CARVALHO, J. C.; LIMA, M. C.; MORTARI, D. **Considerações sobre controle e prevenção de voçorocas**. 7º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Goiânia, GO. 2001.
- CARVALHO, N.O.; *et al.* **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 154 p. 2000.
- CARVALHO, D. P. **Thomas Kuhn e o novo paradigma da responsabilidade civil: em busca da reparação da perda de uma chance**. *Revista Jus Navigandi*, Teresina, ano 16, n. 2826, 28 mar. 2011. Disponível em: <<http://jus.com.br/artigos/18783>>. Acesso em: 28 maio 2015.
- CASAGRANDE, A. **Classification and Identification of Soils**. *Transactions American Society of Civil Engineers*, Vol. 113, p. 901-991, 1948.
- CASSOL E. A. *et al.* **Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais**. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira EMBRAPA*. Brasília, Vol.39, n.7, p.685-690, jul. 2004.

CHARLTON, M.E., LARGE, A.R.G., FULLER, I.C. **Application of airborne LiDAR in river environments: the river Coquet**, Northumberland, UK. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 28, p. 299–306. 2003.

CHOW, V.T. **Open channel hydraulics**. New York: McGraw-Will Book Company Inc. 1959. 680p.

CHUQUIPIONDO, I.G.V. **Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água: estudo de caso trecho de vazão reduzida** Capim Branco I Araguari Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

COLOMBO, R.C.; BAZZO, W.A. Da complexidade no trabalho do engenheiro, o repensar de sua formação. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. 2001.

CONSTANTINE, C.R., DUNNE T., HANSON G.J. **Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling**. *Geomorphology*. Volume 106, Issues 3–4, Pages 242–252. 15 May, 2009.

CORTES, R. M. V **Requalificação de cursos de água**. Instituto da Água. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Lisboa. 2004.

COSTA, A.P; LINHARES, R.; SOUZA, F.N. **Possibilidades de análise qualitativa no webQDA e colaboração entre pesquisadores em educação em comunicação**. 3º Simpósio Educação e Comunicação. 2012. Disponível em <es.com.br/simposio/anais/anais-2012/Anais-276-286.pdf> Acessado em maio 2014.

COSTA, M. C. L. **O discurso higienista definindo a cidade**. *Mercator*, Fortaleza, Vol. 12, n. 29, p. 51-67, set./dez. Universidade Federal do Ceará. 2012. Disponível em <www.mercator.ufc.br> acessado em maio 2014.

CRAIG, R. F. **Soil Mechanics**. New York, USA: Taylor & Francis. 2004.

CROKE, J.; *et al.* **The use of multi temporal LiDAR to assess basin-scale erosion and deposition following the catastrophic January 2011 Lockyerflood, SE Queensland, Australia**. *Geomorphology*. Vol. 184, p. 111–126. 2013.

CUNHA, J.C. **A história das Construções - Das grandes Pirâmides de Gisé ao templo de Medinet Habu** - Vol. 2. Autentica. 2009.

DAVIDSON, C.I; *et al.* **Preparing future engineers for challenges of the 21st century: Sustainable engineering**. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 18, Issue 7, May 2010.

DE SÁ, N. L. A. R. **A cidade no despertar da era higiênica: a cidade da Parahyba e o movimento higienista (1854 –1912)**. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v.2, n.2, p. 128-206, 2008. João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB – disponível em <http://www.okara.ufpb.br> > Acessada em 22 de mai de 2014.

DINGMAN, S. L. **Fluvial hydraulics**. *New York: Oxford University Press*, 2009.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água. Santa Maria**: Edição do Autor, 2012.

EIGENHEER, E. M. **A história do lixo - A limpeza urbana através dos tempos.** Campus, Elsevier, 2009.

EINSTEIN, H.A. **The bed-load function for sediment transportation in open channel flows.** Hydraulic Engineer Soil Conservation Service. Technical bulletin n.1026. September 1950.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA BRASILEIRA EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.

FÁCIO, J. A. **Proposição de uma Metodologia de Estudo da Erodibilidade dos Solos do Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Universidade de Brasília. DF, 120p. 1991.

FERNANDES, J.A. **Estudo da erodibilidade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim, RS.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** Tradução de Joice E.Costa. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 405p.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001

FONSTAD, M.A., MARCUS, W.A. **High resolution, basin extent observations and implications for understanding river form and process.** *Earth Surface Processes and Landforms* 35. p. 280–298. 2010.

FONSTAD, M.A.; MARCUS; W.A. **Self-Organized Criticality in Riverbank Systems.** *Annals of the Association of American Geographers.* June, 2003.

_____ **High resolution, basin extent observations and implications for understanding river form and process.** *Earth Surface Processes and Landforms.* Vol.35, p.280–298. 2010.

FOX, G.A., *et al.* **A sediment transport model for seepage erosion of streambanks.** *Journal of Hydrology.* 2006.

FRAGASSI, P.F.M; MARQUES, E.A.G. **Desenvolvimento de uma nova versão do aparelho Inderbitzen.** VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia. 2001.

FRIGOTTO, G. **Interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais.** *In* JANTSCH, A.P.; BIANCHETTI, L. (Organizadores) *Interdisciplinaridade para além da filosofia do sujeito.* Ed. Vozes. Petrópolis. 1995.

GARY J. B. e KIRSTIE A. F. **Geomorphology and River Management Applications of the River Styles Framework.** Blackwell Publishing. 2005.

GEOGRAPHY, 2012. altura: 293 pixels. largura: 629 pixels. 41 kb. formato jpg. disponível em: <http://geography.unt.edu/geog_3350/examreviews/exam2images/fig14_012.jpg> acesso em: 16 maio 2013.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2004.

_____. **Sustentando a insustentabilidade: Comentários à Minuta Zero do documento base de negociação da Rio+20**, Carlos Walter Porto-Gonçalves. Disponível em: <<http://racismoambiental.net.br/2012/01/31/sustentando-a-insustentabilidade> > Acesso em 8 dez. 2012.

GOUDIE A.S. **Encyclopedia of geomorphology. Founders of the International Association of Geomorphologists**. First published by Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group. London. 2004.

GRAFF, W. H. **Hydraulics of Sediment Transport**. Water Resources Publication. 513 p. 1984.

GRAY, D.H ; SOTIR,R.B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**. Jonh Wiley and sons, 1996. Inc.

GROSTEIN, M. D. Metr pole e expansão urbana: **A Persistência de Processos "Insustentáveis"**. São Paulo Perspectiva, São Paulo, v. 15, n. 1,Jan. 2001 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01028803&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 maio 2012.

GROVE, M.; HARBOR, J.; ENGEL, B. **Composite vs distributed curve numbers: effects on estimates of storm runoff depht**. Jornal of the American Water Resources Association, Middleburg v. 34, n. 5, 1998.

GUIMARÃES, J.A.C. **Abordagens teóricas de tratamento temático da informa o (TTI): cataloga o de assunto, indexa o e análise documental**. IBERSID Revista dos sistemas de informa o e documenta o. v. 17, n. 12. 2009.

GYR, A.; HOYER, K. **Sediment Transport A Geophysical Phenomenon**. Institute of Environmental Engineering Swiss Federal Institute of Technology. Zürich, Switzerland. 2006.

HANCOCK, G. R. **Modelling stream sediment concentration: An assessment of enhanced rainfall and storm frequency**. Journal of Hydrology Volumes 430–431, Pages 1–12. 2 April 2012.

HORRITT, M.S.; BATES, P.D. **Predicting floodplain inundation: raster-based modelling versus the finite-element approach**. *Hydrological Processes*. Vol. 15, p. 825–842. 2011.

H SEL, Gottfriede. **Unser Abfall aller Zeiten: eine Kulturgeschichte der St dtreinigung .Erweiterte Auflage**. *Kommunalschriften-Verlag* J. Jehle, München GmbH. 1990.

HOYLE, J.; BROOKS, A.; SPENCER, J. **Modelling reach scale variability in sediment mobility: An approach for within reach prioritization of river rehabilitation works**. *River research and aplications*. Vol. 28. Issue 5. p. 609-629. 2012.

HUMMEL R., DUAN, J. G. ZHANG, S. **Comparison of unsteady and quasi-unsteady flow models in simulating sediment transport in an ephemeral Arizona stream. Department of civil engineering and engineering mechanics, University of Arizona, Tucson, Journal of the American Water Resources Association. 2012.**

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. **History about HEC-RAS.** Disponível em <<http://www.hec.usace.army.mil/about/history.aspx>>. Acesso em: 13 jul. 2013.

INDERBITZEN A.L. **An erosion test for soils.** Mater Res Stand 1(7):553–554. 1961.

ISABEL HARARI: **Boaventura critica a economia verde.** Carta Maior. [texto na Internet]. [acessado 2012 setembro 08]. Disponível em <http://www.cartamaior.com.br/templates/materiaMostrar.cfm?materia_id=20427>

JACOBI, P. R. **Ampliação da cidadania e participação - desafios da democratização da relação poder público-sociedade civil no Brasil.** 1996. 278f. (Tese de Livre Docência) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2006.

_____. **Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo.** Educação e Pesquisa. São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, maio/ago. 2005.

JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. A. **Governança ambiental e economia verde. Ciência e saúde coletiva.** Rio de Janeiro, v. 17,n. 6, Junho 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 Set. 2012.

JANTSCH, A.P.; BIANCHETTI, L. (Organizadores) **Interdisciplinaridade para além da filosofia do sujeito.** Ed. Vozes. Petrópolis. 1995.

JULIAN, J. P.; TORRES, R. **Hydraulic erosion of cohesive riverbanks.** Geomorphology. v. 76, n. 2, p. 193-206, 2006.

KARIM, M.; KENNEDY, J. **Menu of Coupled Velocity and Sediment-Discharge Relations for Rivers.** Journal of Hydraulic Engineering, Vol.116(8), p. 978–996. 1990.

KARMAKER T., DUTTA S **Modeling seepage erosion and bank retreat in a composite river bank.** Journal of Hydrology Vol. 476, p. 178–187. January, 2013.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas.** 9. Ed. São Paulo (SP): Perspectiva. 1989.

KUHN, T.S. **O caminho desde a estrutura.** São Paulo (SP): UNESP. 2006.

LANE, S. N.; *et al.* **Interactions between sediment delivery, channel change, climate change and flood risk in a temperate upland environment.** *Earth Surface Process Landforms.* Vol. 32, issue 3.p. 429–446. 2007.

LARSEN, E.W., GRECO, S.E. **Modeling channel management impacts on river migration: a case study of Woodson Bridge State Recreation Area, Sacramento River, California, USA.** Environment Management. Vol. 30. p. 209–224. 2002.

LEFF, E. **Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental**. In: PHILIPPI JR., A. *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.

LEONARD, J; RICHARD, G. **Estimation of runoff critical shear stress for soil erosion from soil shear strength**. *Catena* 57. p. 233–249. 2004.

LI CHEN; *et al.* **Impact of temporal resolution of flow-duration curve on sediment load estimation**. *Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 48, No. 1 Feb., 2012.

LOUREIRO, C. F. B. **Sustentabilidade e Educação um olhar da ecologia política**. 1ª ed. São Paulo: Cortez, 2012.

LUCERTINI, M.; GASCA, A.M.; NICOLÓ, F. **Technological concepts and mathemaical models in the evolution of engineering systems – Controlling, Managing, Organization**. Birkhauser, 2004.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; PRAST, A. E. **Monitoramento Limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais**. *Revista Ambiente & Sociedade*, janeiro-junho, vol. XI número 001. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Campinas, Brasil. p. 67-79. 2008.

MARTINS A. FST: **Boaventura vê capitalismo e suas sete ameaças**. *Outras Palavras*. [texto na Internet]. Disponível em< <http://www.outraspalavras.net/2012/01/28/fst-boaventura-santos-ve-capitalismo-e-suas-sete-amecas/>> . Acesso 2012 set. 2008.

MASTROMAURO, G.C. **Urbanismo e salubridade na São Paulo imperial: o hospital de isolamento e o cemitério do Araçá**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2008.

MATA-LIMA, H. *et.al* **Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso**. *Revista Escola de Minas* [online], vol.60, n.3, pp. 525-536. 2007

McKEAN, J.; ROERING, J. **Objective landslide detection and surface morphology mapping using high-resolution airborne laser altimetry**. *Geomorphology*. Vol. 57, 331–351. 2004

MENDES, C.A.R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim – RJ**. Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2006.

MERRITTA, W.S.; LETCHERB, R.A.; JAKEMANB, A.J. **A review of erosion and sediment transport models**. *Environmental Modelling & Software, The Modelling of Hydrologic Systems*. Vol. 18, Issues 8–9, p. 761–799. October–November 2003.

MERZ, W.; BRYAN, R. 1993. **Critical conditions for rill initiation on sandy loam brunisols: laboratory and field experiments in southern Ontario, Canada**. *Geoderma* 57, p. 357–385.

MICHELI, E.R., KIRCHNER, J.W., LARSEN, E.W. **Quantifying the effects of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, central Sacramento River, California, USA.** *River Res. Appl.* 20, 537–54. 2004.

MICHELI, E.R., KIRCHNER, J.W. **Effects of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. 1. Remote sensing measurements of streambank migration and erodibility.** *Earth Surface Process Landform.* Vol. 27, p. 627–639. 2002.

MIDGLEY, T.L. *et al.* **Seepage-induced streambank erosion and instability: in-situ constant head experiments** *Journal of Hydrology.* 2012.

MILOGRANA, J. **Sistemática de auxílio à decisão para a seleção de alternativas de controle de inundações urbanas.** Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)-Universidade de Brasília, Brasília, 342 f.2009.

MINGUEZ FERNANDEZ, J.M. **La conmoción social e implantación del feudalismo en el noroeste peninsular (siglos VIII - X).** *Edición Universidad de Salamanca* (Espanha), 2009.

MORAES, R. **Análise de conteúdo.** *Revista Educação, Porto Alegre,* v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA JUNIOR, O. O social e o ambiental nas cidades contemporâneas. Embates, desafios e incertezas. **Revista Geografia. Universidade Estadual de Londrina.** Vol. 19 n° 1, 2010. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>> Acessado em maio de 2014.

MORGAN, R. P. C. *Soil erosion and conservation.* 3rd ed., by Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing Company, 2005.

MORIN, E. **O problema epistemológico da complexidade.** Lisboa: Europa-América, 1995.

_____ **Epistemologia da complexidade.** In: D.F. Schintman (Org.). *Novos paradigmas, cultura e subjetividade.* Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 274-286.

_____ MORIN, E. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 2002.

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J. V. **River flow forecasting through conceptual models. Part 1. A discussion of principles.** *Journal of Hydrology.* Vol. 10. p. 282-290. 1970.

NEARING, M.A; *et al.* **Hydraulics and erosion in eroding rills.** *Water Resources Research,* Vol. 33, n. 4, p. 865-876. April 1997.

OLABUENAGA, J.I. R.; ISPIZUA, M.A. *La descodificación de la vida cotidiana: metodos de investigacion cualitativa.* Bilbao, Universidad de Deusto, 1989.

OLIVEIRA SOBRINHO, A.S. São Paulo e a Ideologia Higienista entre os séculos XIX e XX: A utopia da civilidade. **Revista Sociologias,** Porto Alegre, ano 15, n°32, jan./abr. 2013.

OLIVEIRA, G.J. **Erosão acelerada do solo: boçoroca de mogi mirim (SP)** Ciência & Ensino, vol. 2, n. 1, dezembro de 2007, disponível em < www.igw.unicamp > acesso em 01 de nov. de 2010.

ONSET COMPUTER CORPORATION. **HOBO® U20 Water Level Logger (U20-001-0x and U20-001-0x-Ti) Manual**. 2012.

PAIVA, C.F.E. **Avaliação da erodibilidade de alguns horizontes residuais pertencentes à bacia do rio Uma – Taubaté – São Paulo**. Tese de Doutorado em Ciência na Área de Mecânica dos Sólidos e Estruturas. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 2006.

PEDRON, F. A; *et al.*, J. Solos urbanos. **Ciência. Rural** [online]. 2004, Vol.34, n.5. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000500053&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 27 Set. 2012.

PEJON, O. J; SILVEIRA L. L. L. **Index properties to predict erodibility of tropical soil**. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 66(2), pp. 225-236. 2007.

PELICIONI, M.C.F. **Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade**. Revista **Saúde Sociedade** 2008: 19-31.

PEREIRA, T.P.; CARVALHO, J.C.; LIMA, M.C., 2003. **Análise do Desempenho de um Modelo Físico para o Ensaio de Inderbitzen**. I Simpósio sobre Solos Tropicais e Processos Erosivos no Centro-Oeste, UnB, Brasília, DF, p. 109-115.

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. São Paulo: Oficina de Texto. 2006.

PORTO, M. F.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H. **Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil**. Revista **Crítica de Ciências Sociais**, n. 100, 2013.

PORTO, M. F.; PACHECO, T.. Conflitos e injustiça ambiental em saúde no Brasil. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v. 3, n. 4, p. 26-37, 2009.

PORTO, M. F.; SOARES, W. L.. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, Junho 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-76572012000100004&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 10 Fev. 2014.

RAUWS, G., GOVERS, G. **Hydraulic and soil mechanical aspects of rill generation on agricultural soils**. Journal of Soil Science 39, 111–124. 1988.

REGO, J.J.V. **Erosão superficial em taludes de corte em solo residual de gnaiss**. Dissertação de Mestrado em ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1978.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** 2. Ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

RICHARDS, B.G., PETH S. **Modelling soil physical behaviour with particular reference to soil science**. Soil & Tillage Research 102 216–224. 2009.

RIGOTTO, R. M. **Exploring fragility: industrial delocalization, occupational and environmental risks, and non-governmental organizations.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 6, p. 980-998, 2009.

ROGERS, K. **Adopting workable ecological and operational approaches to biodiversity management:** The Kruger National Park Rivers example, Environmental Flows. Proceedings of the International Conference on Environmental Flows for River Systems, incorporating the 4th International Ecohydraulics Symposium. Unpublished proceedings, Cape Town. 2002.

RONCAYOLO, MARCEL. “**Cidade**” In: Enciclopédia Einaudi. Vol.8. Região Lisboa, Portugal: Imprensa Nacional - Casa da Moeda. 1985.

ROSSETTO, A. M. **Proposta de um sistema integrado de gestão do ambiente urbano (SIGAU) para o desenvolvimento sustentável de cidades.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROSSETTO, A. M. **Proposta de um sistema integrado de gestão do ambiente urbano (SIGAU) para o desenvolvimento sustentável de cidades.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

_____. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento** / Ignacy Sachs; Paulo Freire Vieira (org). São Paulo: Cortez, 2008.

SALGADO, I. **Urbanismo sanitário em Campinas no final do século XIX.** Seminário de história da cidade e do urbanismo (SHCU) 1990. Disponível em <<http://www.anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/shcu/article/view/311/287>> acessado em maio 2014.

SANTOS, B. S. Os processos da globalização. In: (org.). **A globalização e as ciências sociais.** São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA F.G.; COELHO NETO, A.L. **Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG.** REM: Revista Escola de Minas. Ouro Preto, 285-290, out./ dez. 2002.

SANTOS, G.G.; NORI P. G.; OLIVEIRA, L.F.C. OLIVEIRA. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, AGRIAMBI, v.14, n.2, p.115–123. 2010.

SANTOS, R.M.M. **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões do município de Goiânia.** Dissertação de mestrado em geotecnia. Universidade de Brasília. 1997.

SCAPIN J.; PAIVA, J. B.D.. BELING, F.A. **Avaliação de métodos de cálculo do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 12 n.4 p. 05-21. 2007.

SCHAETZL, R. J. ; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge University Press. New York, United States, 2007.

SCHÄFFER, J. J. **The scientific personality of Archimedes** (Spanish), Fac. Ingen. Agrimens. Montevideo. Publ. Didact. Inst. Mat. Estadist. 1. 2008.

SCHUMM, S.A. **The fluvial system**. Wiley interscience. Canadá. 1977.

SOUZA, R. M.; CRISPIM, D. C.; FORMIGA, K. T. M. **Estudo comparativo entre os modelos SWMM E HEC-HMS para simulação de escoamento superficial – caso de estudo bacia do córrego Samambaia**. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Vol. 5 núm. 2. 2012.

STURM, T. W. **Open Channel Hydraulics** (2nd ed.). New York, New York: McGraw Hill. 2010.

SWANSEA UNIVERSITY. Wales, UK, 2006. Disponível em: <<http://www.swan.ac.uk/classics/staff/ter/grst/What's%20what%20things/aqueducts/htm>>. Acessado em maio 2014.

TELLES, P. C. S, **História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos. 1994.

THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. **Stability of composite river banks**. Earth Surface Processes and Land forms. p. 469 – 484. 1981.

TIMM, M.I. **Elaboração de projetos como estratégia pedagógica para o ensino de Engenharia** (Curso a distância de projeto, no modelo *e-learning-by-doing*). Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M **Coefficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000.

_____. **Impacto da urbanização nas cheias urbanas e na produção de Sedimentos**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, relatório de pesquisa FAPERGS. 120p. 1995.

_____. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. REGA - Revista de Gestão da Água da América Latina – Associação Brasileira de Recursos Hídricos ABRH. v. 1, n. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004 .

_____. Programa de drenagem sustentável: apoio ao desenvolvimento do manejo das águas pluviais urbanas – Versão 2.0. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora. IIE. 1999.

USDA-NRCS. **Urban Soil Compaction. Urban Technical. Note n. 2**. March, 2000. [Online]. Disponível em <www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/pdf/u01d.pdf> Acessado em 15 de maio de 2012.

VITTE, C. C. (2009). **Modernidade, território e sustentabilidade: refletindo sobre qualidade de vida**. In: VITTE, C. C.; KEINERT, T. (Orgs.). Qualidade de vida, planejamento e gestão urbana: discussões teórico-metodológicas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasi

WILLIAMS, B.; FIGUEIREDO, J.; TREVELYAN, J. **Engineering practice in a global context: understanding the technical and the social**. Ed. CRC Press/Balkema. Leiden, The Netherlands. 2013

WILSON, G.V.; *et al.* **Seepage erosion properties contributing to streambank failure**. Earth Surface Processes Landfill. 2007.

9 APÊNDICE

9.1 Roteiro de entrevista semiestruturada para coleta de dados da pesquisa intitulada “Reflexões sobre o atual paradigma da Engenharia Civil”.

1. QUANTO TEMPO COMO PROFISSIONAL DA ENGENHARIA CIVIL? QUAL A SUA IDADE?

2. EM SUA FORMAÇÃO ACADÊMICA VOCÊ TEVE OPORTUNIDADE DE ESTUDAR ALGUMA COISA SOBRE O MEIO AMBIENTE?

- Como esse estudo foi feito?
- Enquanto estudante de engenharia civil você valorizava este conhecimento sobre meio ambiente?
- Naquela época achava possível aplicar isso em suas futuras atividades profissionais?
- E depois de profissional formado você realmente aplicou esse conhecimento?
- O conhecimento adquirido sobre meio ambiente, durante os anos de formação acadêmica, foram suficientes? O que faltou?

1. HOJE EM DIA EM QUALQUER ATIVIDADE VOCÊ ACHA POSSÍVEL SER AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL SEM SER EFICIENTE? (usar exemplos da agricultura, mineração)

4. QUAL O SEU CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA?

- Você acha possível a engenharia ser ambientalmente sustentável?

5. ATUALMENTE A QUESTÃO AMBIENTAL ESTÁ COLOCADA, EXISTEM AS EXIGÊNCIAS LEGAIS, BEM COMO OS CURSOS QUE FORMAM OS PROFISSIONAIS QUE SE ADJETIVAM COM O TÍTULO DE AMBIENTAL (DE TECNÓLOGO, PASSANDO PELO ENGENHEIRO AMBIENTAL E AS ESPECIALIZAÇÕES). VOCÊ ACHA A INCLUSÃO DESSE PROFISSIONAL SUFICIENTE, OU É NECESSÁRIO QUE O PRÓPRIO ENGENHEIRO CIVIL ENCAMPE, REALMENTE, ESSA CAUSA EM TODAS AS FASES DE SUAS ATIVIDADES, (PROJETO, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO). E COMO SERIA ISSO?

- O engenheiro ambiental (ou semelhante) é suficiente para reduzir os problemas ambientais do projeto
- O engenheiro ambiental (ou semelhante) é apenas um ornamento necessário aos projetos impactantes

- O próprio engenheiro civil tem condições de mitigar os problemas ambientais do projeto
- Os problemas ambientais do projeto só diminuirão por meio da ação de um conjunto de profissionais de várias áreas, como por exemplo...

6. EM SUA OPINIÃO QUE AÇÕES DA ENGENHARIA VOCÊ CONSIDERA CAUSADORA DE IMPACTO AMBIENTAL?

- Você acha possível praticar a engenharia civil sem causar nenhum impacto ao meio ambiente? ou o o impacto ambiental da engenharia civil está presente em qualquer ação nessa atividade profissional?
- Como você se vê nessa profissão de engenheiro civil, frente ao meio ambiente? (comente sobre a relação entre a profissão de engenheiro civil e o meio ambiente. Trata-se de uma relação conflituosa)?
- Pode dar um exemplo e citar os fatores que contribuem para esse conflito?
- Você já fez uma reflexão sobre isso? Esse conflito te incomoda?
- Como poderia ser resolvida a relação conflituosa?

7. NO DECORRER DOS ANOS COMO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA HOUVE ALGUMA MUDANÇA DE ATITUDE PROFISSIONAL DE SUA PARTE EM RELAÇÃO AO MEIO AMBIENTE?

- (O que quero saber é se você tem mudado suas ideias frente ao meio ambiente? Como e o que contribuiu para a sua mudança? Ou sempre foi assim)?

8. AO CONSIDERAR A QUESTÃO DO CONHECIMENTO, É PRECISO MUDAR A FORMA COMO O ENGENHEIRO CIVIL SE VÊ E COMO ELE PERCEBE O MEIO AMBIENTE?

- É possível ir além de reciclar parte dos resíduos, reutilizar água e economizar energia elétrica. o que mais pode ser feito?

9. A ESTRUTURA DE CONHECIMENTO OFERECIDA PELA UNIVERSIDADE E PELA ESCOLA DE ENGENHARIA AINDA NÃO PERMITE A REFLEXÃO FRENTE À PROFISSÃO E AO MEIO AMBIENTE. DESSA FORMA, AINDA É POSSÍVEL PARA UM PROFISSIONAL DA ENGENHARIA APENAS APLICAR O CONHECIMENTO ADQUIRIDO, OU NECESSARIAMENTE HOJE É PRECISO DE MUDANÇAS NA FORMAÇÃO DE NOVOS ENGENHEIROS? Que tipos de mudanças?

10. ATUALMENTE QUE BASES SÃO ADOTADAS NA ENGENHARIA NA BUSCA POR NOVOS MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E PROCEDIMENTOS? (o que está por trás? Quais ideias?)

- Existe uma inquietação relacionada com o meio ambiente ou apenas a procura por maior produção e rendimento financeiro?

11. A MINHA PESQUISA É SOBRE A CAPACIDADE SUPORTE DE CÓRREGOS URBANOS AOS PROCESSOS EROSIVOS. ENTÃO, AO TRATAR ESPECIFICAMENTE O PROBLEMA DA EROSÃO URBANA:

- Quais são as principais causas?
- Quais são as principais consequências?
- O que poderia ser evitado pela engenharia civil, em termos de projeto?
- O que poderia ser evitado pela engenharia civil, em termos de execução e manutenção da obra?
- Porque esse modelo não é sempre adotado?
- E isso pode mudar?
- Como ocorreria essa mudança?

12. A ENGENHARIA HIGIENISTA (SÉCULO XVIII) PROVOCOU UMA MUDANÇA NO PARADIGMA DA ENGENHARIA, QUANDO A BUSCA PELA MELHORIA DE CONDIÇÕES DE HIGIENE E DE SAÚDE PÚBLICA ALTEROU RADICALMENTE A MANEIRA DE PROJETAR BANHEIROS, HOSPITAIS E CEMITÉRIOS E VALORIZOU AS NECESSIDADES DE REDES DE ÁGUA TRATADA, COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO E CANALIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS. VOCÊ ACHA POSSÍVEL ALGO SEMELHANTE OCORRER NA ENGENHARIA CIVIL AGORA, MAS EM BUSCA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL?

13. PODEMOS DIZER QUE A PARTIR DAQUELA MUDANÇA DE PARADIGMA SURTIU UM NOVO RAMO DA ENGENHARIA – A ENGENHARIA SANITÁRIA. VOCÊ ACHA QUE PODEMOS TER A MESMA EXPECTATIVA COM RELAÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL?

10 ANEXOS

10.1 ANEXO A - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás da pesquisa intitulada “Reflexões sobre o atual paradigma da Engenharia Civil”.

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REFLEXÕES SOBRE O ATUAL PARADIGMA DA ENGENHARIA CIVIL

Pesquisador: FERNANDA POSCH RIOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 27691114.5.0000.5083

Instituição Proponente: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Patrocinador Principal: FUNDACAO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE GOIAS

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 608.187

Data da Relatoria: 07/04/2014

Apresentação do Projeto:

Projeto intitulado REFLEXÕES SOBRE O ATUAL PARADIGMA DA ENGENHARIA CIVIL sob responsabilidade da pesquisadora FERNANDA POSCH RIOS da UFG. O estudo tem o intuito de ratificar alguns conceitos centrais estabelecidos pelos autores, bem como conjecturar a sua aplicabilidade no estudo histórico e atual do desenvolvimento do conhecimento científico que vem ocorrendo na área de Engenharia Civil.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo será identificar no discurso de representantes da comunidade científica da Engenharia Civil como ocorre a percepção da existência de algum desajuste entre o estilo de projetar e construir e os impactos provocados ao meio ambiente, assim como se a compreensão dessa anomalia pode indicar uma crise que possa desencadear uma mudança de paradigma da Engenharia Civil.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisa não apresenta riscos aos envolvidos. O benefício da pesquisa estará em proporcionar aos profissionais entrevistados momentos de reflexão sobre as alternativas disponíveis e os novos caminhos a tomar de modo a reduzir ou mesmo evitar os impactos ambientais causados por obras de construção civil.

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

Bairro: Campus Samambaia

CEP: 74.001-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

Fax: (62)3521-1163

E-mail: cep.prppg.ufg@gmail.com

Continuação do Parecer: 608.187

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta todos os documentos necessários, como termo de anuência do IFG, onde serão realizadas entrevistas, e TCLE adequado. Está garantido o sigilo dos participantes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentado de forma adequada.

Recomendações:

Recomendo aprovação, salvo melhor juízo do Cep.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomendo aprovação, salvo melhor juízo do Cep.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Enviar relatórios parcial e final.

GOIANIA, 08 de Abril de 2014

Assinador por:
João Batista de Souza
(Coordenador)

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131

Bairro: Campus Samambaia

CEP: 74.001-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

Fax: (62)3521-1163

E-mail: cep.prppg.ufg@gmail.com