

**FACULDADE DE IPORÁ - FAI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ANA PAULA GOMES DA SILVA

**SEDIMENTOLOGIA URBANA DE IPORÁ GOIÁS, UMA PEQUENA
CIDADE NO CERRADO**

IPORÁ, DEZEMBRO DE 2020

ANA PAULA GOMES DA SILVA

**SEDIMENTOLOGIA URBANA DE IPORÁ GOIÁS, UMA PEQUENA
CIDADE NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão do Curso,
apresentado para obtenção do grau de
Engenheiro Civil no Curso de Engenharia Civil
na Faculdade de Iporá - FAI.

Orientador: Prof. Dr. Isaac de Matos Ponciano.

IPORÁ, DEZEMBRO DE 2020

ANA PAULA GOMES DA SILVA

**SEDIMENTOLOGIA URBANA DE IPORÁ GOIÁS, UMA PEQUENA CIDADE NO
CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de Engenheiro Civil,
no curso de Engenharia Civil da
Faculdade de Iporá - FAI

Iporá, 11 de dezembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Isaac de Matos Ponciano

Prof. Isaac de Matos Ponciano - Doutor - (Faculdade de Iporá) – Orientador

Bianca Christofoli Freitas Queiroz

Profa. Bianca Christofoli Freitas Queiroz - Mestra - (Faculdade de Iporá)

Prof. Jefferson Eduardo Silveira Miranda - Mestre - (Faculdade de Iporá)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, Marinon Barbosa da Silva e Walkiria Gomes de Abreu Silva, que me incentivaram nos momentos difíceis, que sempre estiveram ao meu lado. Essa é a prova que os esforços deles pela minha educação não foram em vão e valeram a pena.

Quero agradecer ao Cleiton Luiz Gomes e minha filha Alanna Luiza Gomes da Silva, por estarem ao meu lado durante todo percurso, e por compreender a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização desse sonho.

Sou grata ao professor Dr. Isaac de Matos Ponciano, pela confiança depositada na minha proposta de projeto, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Obrigada por me manter motivada durante todo o processo.

Aos meus professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos colegas com quem convivi ao longo desses anos de curso, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Também quero agradecer à Faculdade de Iporá e seu corpo docente, que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

**“A tarefa não é tanto ver aquilo que
ninguém viu, mas pensar o que
ninguém ainda pensou sobre aquilo
que todo mundo vê.”
Arthur Schopenhauer**

SUMÁRIO

SEDIMENTOLOGIA URBANA DE UMA PEQUENA CIDADE NO CERRADO BRASILEIRO.....	1
RESUMO:.....	1
INTRODUÇÃO	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	2
RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
CONCLUSÃO.....	8
REFERÊNCIAS.....	9

SEDIMENTOLOGIA URBANA DE UMA PEQUENA CIDADE NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO:

Quando a expansão de áreas urbanas ocorre sem o planejamento adequado, potencializam-se a produção de sedimentos no sistema de drenagem. Objetivou-se neste trabalho, avaliar o acúmulo e transporte de sólidos proveniente de resíduos da construção. O estudo foi realizado na região urbana de Iporá, interior de Goiás. Leituras de Turbidez, Temperatura e Condutividade Elétrica foram realizadas em água de drenagem e no córrego que atravessa a cidade. Os resultados mostram que a quantidade de sedimentos transportados é extremamente alta, e que o processo de expansão urbana relacionado a situação dos resíduos de construção civil tem colaborado substancialmente com o assoreamento do Lago Pôr do Sol. Por fim, a condutividade elétrica da água mostrou que há indícios robustos que apontam para um acelerado processo de assoreamento do lago devido revolvimento do solo em perímetro urbano.

Palavras-chave: condutividade elétrica, bacia hidrográfica urbana, construção civil

URBAN SEDIMENTOLOGY OF AN SMALL CITY IN BRAZIL'S CERRADO

ABSTRACT: When the expansion of urban areas occurs without proper planning, sediment production in the drainage system is enhanced. The objective of this work was to evaluate the accumulation and transport of solids from construction. The study was carried out in the urban region of Iporá, in the interior of Goiás. Readings of turbidity, temperature and electrical conductivity were performed from drainage water and in the stream river that runs through the city. The results show that the amount of sediment transported is extremely high, and that the process of urban expansion related to the situation of construction waste has contributed substantially to the silting up of Lago Pôr do Sol. Finally, the electrical conductivity of the water showed that there are robust indications that point to an accelerated process of silting up the lake due to the overturning of the soil in an urban perimeter.

Keywords: electrical conductivity, urban watershed, civil construction

INTRODUÇÃO

A conversão de áreas rurais em urbanas normalmente potencializa os processos erosivos nas regiões periféricas de pequenos centros urbanos. Essa é uma questão vital na formação de novos conglomerados, pois tal expansão desordenada acarreta significativo impacto na qualidade do solo e da água (USDA, 1986).

Ademais, tais regiões vem experimentando forte crescimento populacional que se segue acompanhado de uma rápida expansão da área urbana. O uso e cobertura do solo, por conseguinte, vem sendo abruptamente modificado, em especial nas regiões periféricas dos pequenos municípios.

No contexto da construção civil, comumente, o solo tem outra esfera de importância. Akhtar (2012), destaca que o estudo do solo (mecânica dos solos) permite que um engenheiro investigue melhor a fundação de estruturas. Tal análise fornece parâmetros básicos para saber se a estrutura do solo é capaz de suportar os esforços estruturais dos referidos projetos. Não obstante, nos pequenos centros urbanos, em especial os que experimentam rápido desenvolvimento periférico, o estudo do solo tem ganhado outro protagonismo. O emprego/despejo de resíduos da construção civil tem sido realizado nas calçadas públicas.

Dessa forma, o solo oriundo da construção civil tem sido carreado para os mananciais hídricos, contribuindo assim para a sobrecarga de sedimentos nos cursos d'água.

Esse trabalho tem por objetivo contribuir para o entendimento do processo de acumulação e transporte de sedimentos oriundos da construção civil, identificar quais os principais impactos na qualidade da água e do solo produzidos pela expansão de pequenos centros urbanos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da região de estudo

O experimento foi conduzido em área urbana de Iporá, município localizado no interior do estado de Goiás, região do cerrado brasileiro (latitude 16 26' 29" sul, longitude 51 7' 11" oeste), com população de 31.274 habitantes, segundo o IBGE (2020). O clima da região é classificado por, Koppen-Geiger, como tropical, com chuva de verão (novembro a março) e período de estiagem entre os meses de maio

e setembro. O inverno seco com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C, ratifica a classificação de Koppen-Geiger.

A cidade alvo deste estudo é cortada pelo Córrego Tamanduá, cuja bacia hidrográfica, de acordo com Santos et al. (2013), possui área de 29,53 km² com relevo que varia de médio a suave e declividade média que varia de 0 a 8%. De acordo com os autores o rio principal apresenta baixa suscetibilidade a enchentes, mas alta vulnerabilidade a processos que envolvem transporte de sedimento, sendo, portanto, facilmente assoreado. Dentro do perímetro urbano há uma bacia de sedimentação, que recebe o nome de Lago Pôr-do-Sol.

Segundo Gomes (1998) a ocupação da região de Iporá ocorreu durante o século XVIII, período do ciclo do ouro em Goiás, e tornou-se importante devido a dois fatores, a abundância de ouro e diamantes encontrados nos seus rios e sua localização na rota colonial, com acesso a Cuiabá-MT.

Atualmente, a população urbana de Iporá está distribuída em 66 bairros e o número de lotes e as taxas de ocupação variam de bairro para bairro; do total de lotes distribuídos pelos 66 bairros da cidade, apenas 51,5% estão ocupados. (PREFEITURA MUNICIPAL, 2014). A parte central apresenta-se densamente construída, sendo que mais de 95% dos lotes são ocupados por residências e prédios comerciais.

A Bacia do Córrego Tamanduá, de acordo com Santos et al. (2013), possui área de 29,53 km² com relevo que varia de médio a suave e declividade média que varia de 0 a 8%. De acordo com os autores o rio principal apresenta baixa suscetibilidade a enchentes, mas alta vulnerabilidade a processos que envolvem transporte de sedimento, sendo, portanto, facilmente assoreado.

A região vem sofrendo acelerado crescimento urbano Gomes et al. (2019), com evidente perda de vegetação nativa. A referida bacia hidrográfica envolve a região urbana da cidade de Iporá-GO e o Córrego que dá nome à bacia passa no centro da cidade atravessando também um lago (Lago Pôr do Sol); este serve como regulador de vazão e depósito de sedimentos, Figura 1.

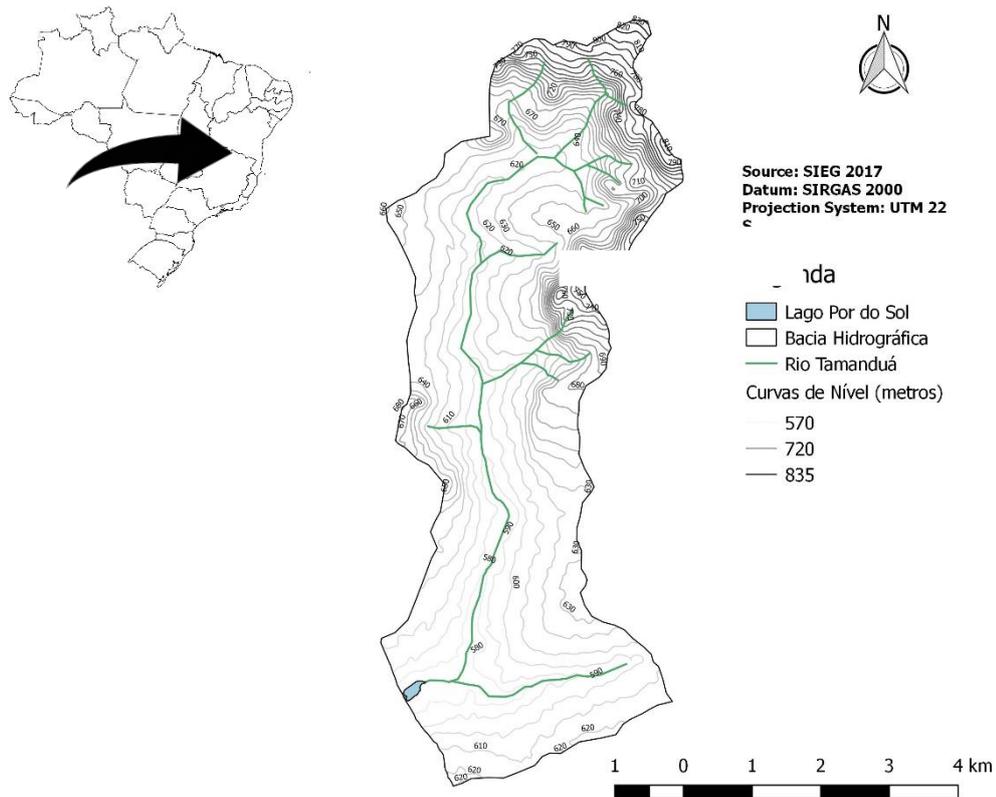


Figura 1. Mapa georreferenciado de parte da Bacia do Córrego do Tamanduá com curvas de nível, destaque para o lago que serve de depósito de sedimentos de parte da referida bacia e para os cursos principais do sistema de drenagem.

Coleta de dados

A vazão foi monitorada em 3 pontos. O primeiro a montante do lago Pôr-do-sol, o segundo foi realizado no canal retangular que atravessa a área urbana da cidade e o terceiro no ressalto hidráulico que dá acesso ao vertedouro a jusante do lago.

O monitoramento diário da vazão indica a concentração de sedimentos presente nas águas auxilia na identificação de impactos ambientais realizados a montante do ponto de monitoramento. Trambley et al. (2010), ratificam que esse monitoramento é peça fundamental para o correto monitoramento e tratamento da água. Uma vez que os danos causados pelos sedimentos dependem da quantidade e natureza destes.



Fonte: Google Earth®

Figura 2. Lago Por-do-sol em Iporá; Ponto 1, monitoramento da vazão a montante do lago; Ponto 2, monitoramento da vazão a jusante do lago; e Ponto 3, monitoramento da vazão no resalto hidráulico.

Foram coletadas amostras de sedimentos durante evento chuvosos em três ruas do município. As ruas não dispõem de sistema de drenagem e desaguam o escoamento superficial diretamente no lago pôr-do-Sol. Realizaram-se leituras de Turbidez, Temperatura e Condutividade Elétrica das amostras.

A condutividade elétrica e a temperatura serão obtidas por um condutivímetro portátil (Modelo TDS-3, da TDS meter hold). A turbidez foi correlacionada com os sólidos em suspensão estimando a concentração de sedimentos na água.

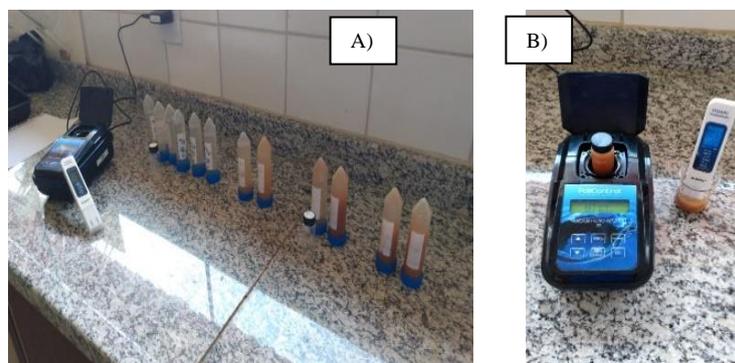


Figura 1. A) Amostras de sedimento em água de drenagem superficial, coletas em três rua do município de Iporá; B) Turbidímetro e condutivímetro empregados na análise do sedimento.

A fim de levantar evidências adicionais, registros fotográficos foram realizados na região urbana de Iporá em que se evidencia a disposição irregular de resíduos sólidos da construção civil em ruas que não possuem sistema de drenagem e desaguam diretamente no lago por do sol, comprovando que boa parte do transporte de sedimentos provem da construção civil.

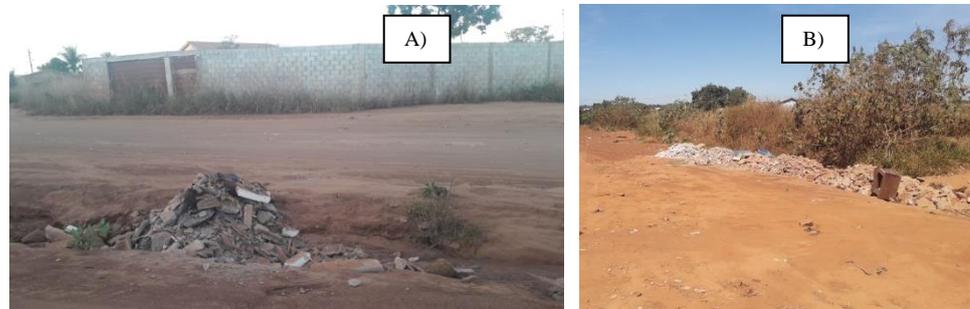


Figura 2. A) Despejo irregular de materiais de construção civil. (Avenida Monte Azul); B) Despejo irregular de materiais de construção civil. (Avenida Arapongas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo os resultados mostram que, a quantidade de sedimentos presente na água de escoamento superficial direto, Tabela 1, foi excessivamente alta.

PONTO/PARÂMETRO	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 1	COLETA 2
	14/03/2020	15/03/2020	14/03/2020	15/03/2020
	TURBIDEZ (UNT)		Condutividade Elétrica (microS/cm)	
Ponto 1 (Avenida Monte Azul)	729	996	160	34
Ponto 2 (Avenida José Cândido Vieira)	829	311	70	70
Ponto 3 (Rua Campos Belos)	1120	667	66	32

Tabela 1. Evolução da turbidez e condutividade elétrica dos sedimentos coletados originados por eventos chuvosos

Resta evidente que a água de escoamento está excessivamente carregada de partículas sólidas. Moruzzi et al. (2009), já indicavam que a expansão de centros urbanos produz significativo aumento no volume escoado. A tabela 1, destaca que esse aumento não somente se evidencia no volume, mas também na concentração de sedimento na água.

No contexto dos sais dissolvidos em água de escoamento, observa-se que

há indicativos robustos de que apontam para processos de disposição irregular de solo escavado em áreas impróprias. Isso explica parcialmente a alta concentração de nutrientes em águas de drenagem pluviais. Tsuji et al. (2018), em estudo realizado em perímetro urbano do Distrito Federal, observaram condutividade elétrica de 20 a 95 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, como função da vazão do sistema de drenagem principal. Isso reforça a tese os valores da concentração de sais dissolvidos apresentados neste estudo são oriundos de processos de escavação.

Não obstante, a resolução 448 de 18 de janeiro de 2020 do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) estabelece que os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos urbanos, em áreas de bota fora, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. Na Figura 3, são expostos dados de sedimentos do lago que recebe tais fluxos de sedimento.

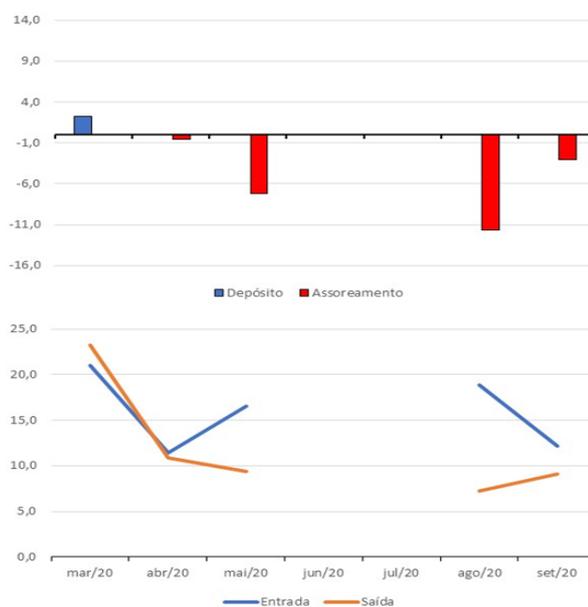


Figura 3. Monitoramento dos sólidos em suspensão na água nos pontos de entrada e saída do Lago Pôr-do-Sol e uma estimativa do balanço de sedimentos.

Observa-se, ainda de forma preliminar, que o depósito de sedimentos no lago aumentou no período de seca. Ou seja, as chuvas esporádicas características desse período foram suficientes para modificar o balanço de sedimentos no referido lago.

Nesse cenário a erosão hídrica está intimamente ligada à precipitação. O

escoamento superficial da água nesses locais transporta o material disponível. Trata-se, portanto, de solo transportado em grandes quantidades para o leito dos rios e lagos.

O estudo da produção de sedimento urbanos, através do ponto de vista ambiental, é relativamente novo. De acordo com Taylor (2007) as pesquisas nesta área têm origem na crescente preocupação em relação a saúde pública. Os sedimentos podem conter poluentes potenciais, e são conduzidos pelo escoamento superficial.

Percebe-se a fragilidade dos solos, e que qualquer modificação que ocorra pode vir a comprometer o sistema como um todo, implicando não somente sua degradação, mas também de toda uma cadeia ambiental dependente dele.

CONCLUSÃO

A disposição de resíduos sólidos associados à expansão urbana de Iporá tem contribuído significativamente com o processo de assoreamento do Lago Pôr-do-Sol. Evidências foram observadas, seja nas altas concentrações de sólidos em suspensão nas águas de drenagem superficial, ou nas altas concentrações de sais dissolvidos sentas águas. Urge, nos conselhos regionais de engenharia, normas complementares que permitam fiscalizar tais obras no perímetro urbanos de pequenas cidades interioranas.

Não obstante, essa não é uma questão insolúvel para os gestores e para a população. Mishra et al. (2007) observaram que se pode reduzir em mais de 64% a concentração dos sedimentos nos rios pelo emprego de práticas conservacionistas.

Evidente que é impossível anular a presença de partículas sólidas nos cursos d'água, a final esse é um processo que ocorre periodicamente na natureza. Entretanto, diminuir essa concentração é uma questão basilar para a sustentabilidade das atividades humanas.

Espera-se elucidar através de evidências imaginadas, de dados de sedimentos e mapas georreferenciados a real situação do referido município no contexto da produção de sedimentos da construção civil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M.; RODRIGUES, R. N.; PALÁCIO, H. A. Q.; RIBEIRO FILHO, J. C. Hydrological responses of a watershed to vegetation changes in a tropical semiarid region. *Revista Caatinga*, v. 31, n. 1, p. 161-170, 2018.

FAIRBAIRN, D. J.; KARPUZCU, M. E.; ARNOLD, W. A.; BARBER, B.; KAUFENBERG, E.; KOSKINEN, W. C.; NOVAK, P. J.; RICE, P. J.; SWACKHAMER, D. L. Sediment-water distribution of contaminants of emerging concern in a mixed use watershed. *Science of the Total Environment*, v. 505, p. 896-904, 2015.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama dos municípios brasileiros. Online, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/ipora/panorama>, acessado em 02/03/2020.

MISHRA, A.; FROEBRICH, J.; GASSMAN, P. W. Evaluation of the SWAT model for assessing sediment control structures in a small watershed in India. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v. 50, n. 2, p. 469-477, 2007

O'DRISCOLL, M.; CLINTON, S.; JEFFERSON, A.; MANDA, A.; MCMILLAN, S. Urbanization effects on watershed hydrology and in-stream processes in the southern United State. *Water*, v. 2, p. 605-648, doi: 10.3390/w2030605, 2010.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagem em regiões de Cerrado. *Ciência Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

REIS, E. B.; PONCIANO, I. M.; VIEIRA FILHO, W. C.; PONCIANO, V. F. G.; CRUZ, S. J. S. Vazão de pequenos cursos d'água: uma ferramenta viável no monitoramento ambiental. In: XII Congresso de de Iniciação Científica da Universidade de Rio Verde, 1, 2018, Anais... (ISSN 2179-0574) Rio Verde: Universidade de Rio Verde.

SANTOS, E. F.; SOUSA, F. A. Aspectos morfométricos da Bacia do Córrego Tamanduá em Iporá-GO. *ACTA Geografia*, v. 7, n. 15, p. 191-199, 2013.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Estimativa da produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG. *Revista*

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n. 5. P. 520-526, 2008.

TRAMBLAY, Y.; OUARDA, T. B. M. J.; ST-HILAIRE, A.; POULIN, J. Regional estimation of extreme suspended sediment concentration using watershed characteristics. *Journal of Hydrology*, v. 380, n. 3-4, p. 305-317, 2010.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Ed. UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Porto Alegre – RS, 2003, p. 657.

USDA – United States Department of Agriculture. Urban Hydrology for Small Watersheds. Nature Resources Conservation Service (Conservation Engineering Division)

Erosão hídrica e transporte sólido em pequenas bacias hidrográficas. Maria Teresa PONCE ÁLVARES, Maria Teresa; PIMENTA, Maria Teresa. Disponível em <<https://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/149.pdf> >

A SISTEMATIZAÇÃO DOS FATORES DA EUPS EM SIG PARA QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO JIRAU. *Revista Brasileira de Cartografia* Nº 57/03, 2005. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43539/22807>>

MORETTI, Luiz Roberto; BRIGHETTI, Giorgio. Avaliação da erosão superficial em pequenas bacias hidrográficas rurais. 2001. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

AKHTAR, M. N. Papel da mecânica do solo na engenharia civil. *Revista Internacional de Tendências Emergentes em Engenharia e Desenvolvimento*, v. 6, n. 2, p.104-111, 2012.

Campana, N. A.; Bernardes, R. S. Qualidade do escoamento na rede de drenagem pluvial urbana: a situação de Brasília-DF. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IPORÁ. Departamento imobiliário. Iporá, 2014.

Moruzzi, R.B.; Cunha, C.M.L.; Braga, R. / A questão do escoamento superficial em áreas degradadas. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*,

v. 6, n. 2, p. 073-088, mai/ago 2009

XII Encontro Nacional de Águas Urbanas A CONDUTIVIDADE NAS ÁGUAS PLUVIAIS DO DF, Thays Mitsuko Tsuji, Maria Elisa Leite Costa; Jeremie Garnier; Sérgio Koide. Brasília, 2018.