

DRENAGEM E RESÍDUOS EM ÁREA URBANA: PROPOSTAS PARA A PROTEÇÃO DE DUAS NASCENTES EM SÃO CARLOS - SP

Drainage and waste in urban area: proposals for protection of two springs in São Carlos - SP

Nícolas Guerra Rodrigues Tão*
Raimunda Gomes Silva Soares**
Alexandre da Silva Faustino***
Luís Eduardo Moschini****

* **Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
nicolas.tao@hotmail.com

** **Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
raisoaresgomes@gmail.com

*** **Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
alexandre.mog@gmail.com

**** **Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
lemoschini@ufscar.br

RESUMO

O crescimento da cidade em direção às áreas de nascentes tem ampliado a importância da proteção dos recursos hídricos na gestão de resíduos sólidos, uma vez que o transporte de detritos trazidos pelo escoamento de águas pluviais é um dos impactos mais notáveis sobre os corpos d'água. Considerando tal problemática, pretende-se diagnosticá-la nos bairros Douradinho, São Rafael e Jardim Tangará, utilizando de ferramentas de geoprocessamento e análise visual. Foram feitas visitas técnicas a região para construir uma ampla leitura do território, realizando registros fotográficos de objetos de interesse. As informações obtidas foram georreferenciadas e associadas a bases físicas, obtidas através de cartas topográficas e de dos loteamentos. Os dados associados deram origem aos mapas temáticos resultados desse estudo. Com base nessas informações, são propostas práticas de gestão dos resíduos sólidos do bairro no sentido de proteger o recurso hídrico ali presente. Como resultado, de modo geral, foram mapeados diversos pontos de saídas de drenagem irregular em toda a região, onde os resíduos são carreados diretamente para os córregos ou para dentro da mata. Verificou-se que medidas estruturais são necessárias para a área, como gradeamento dos dispositivos para evitar que resíduos cheguem aos córregos, assim como a fiscalização do atendimento de políticas públicas que exigem a manutenção lotes privados e áreas públicas sem uso. Por fim, é necessário que os moradores destes bairros estejam cientes da importância ambiental desta área e assim reconsiderem seus hábitos de descarte. Somente através da informação e do desenvolvimento de uma relação de respeito com ambiente será possível progredir rumo a sustentabilidade socioambiental.

Palavras chave: Recursos Hídricos. Planejamento Ambiental. Gestão Ambiental Urbana.

ABSTRACT

The city growth towards the spring areas has amplified the importance of protecting water resources in the solid waste management, since the transport of debris taken by stormwater runoff is one of the most notable impacts to the waterbodies. Considering this issue, it was intended to diagnose it in the neighborhoods of Douradinho, São Rafael and Jardim Tagará, using visual analysis and geoprocessing tools. Technical visits were made at the local to build a whole reading of the territory, realizing photograph registers of interest objects. The information got was georeferenced and associated with physical bases, obtained from topographical and urban development maps. This data association

originated the thematic maps, the main results of this study. Based on this information, solid waste management practices were proposed in the neighborhood, in order to protect the existent water resources. As a result, several points of irregular stormwater discharges have been mapped all over the region, where the waste was carried directly into the streams or into the forest. It was verified that structural measures are necessary for the area, such as the fencing of drainage devices to avoid the reaching of waste in the streams, as well as the monitoring of public policies that require the maintenance of unused private lots and public areas. Finally, it is necessary that residents of these districts be aware of the environmental importance of this area and thus reconsider their waste disposal habits. Only by information, and the development of a respect based relationship with the natural environment, will be possible to progress towards socio-environmental sustainability.

Keywords: Water Resources. Environmental Planning. Urban Environmental Management.

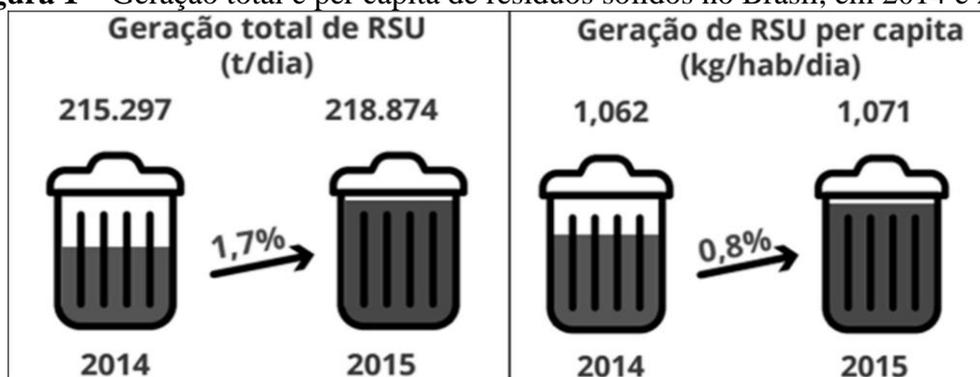
1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é inerente à existência humana. Desde a antiguidade, a produção antrópica de resíduos vem crescendo juntamente com a capacidade do homem de modificação do ambiente a sua volta. Esse efeito foi intensificado a partir da mecanização dos sistemas de produção ocorrida na revolução industrial, na qual a qualidade e características desses resíduos tomaram tal forma e volume que o meio ambiente não foi mais capaz de absorvê-los naturalmente. Esta mudança ocorreu de forma conjunta com o crescimento populacional e o processo de urbanização, responsável por concentrar um grande número de pessoas em torno de localidades que apresentassem condições e recursos mais favoráveis à dinâmica industrial.

Atualmente, a geração e destinação de resíduos sólidos urbanos apresenta-se como um dos maiores aspectos ambientais enfrentados nas cidades, como afirmam Morejon et al (2011), ao classificar esta problemática como um desafio às administrações públicas e comunidades.

Tal efeito é ratificado pelos dados de geração de resíduos, produzidos pelo Banco Mundial, nos quais se infere que, em 2013, foram produzidos no mundo em torno de 1,3 bilhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo que projeções preveem que o patamar de geração chegue à 2,2 bilhões por ano em 2025 (THE WORLD BANK, 2013).

Figura 1 – Geração total e per capita de resíduos sólidos no Brasil, em 2014 e 2015



Fonte: ABRELPE (2015).

Neste contexto, segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos (ABRELPE, 2015) o Brasil contribuiu com 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2015, uma média de 219 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia. Esse volume corresponde a um valor 1,7% superior ao registrado em 2014, com aumento também na média de resíduos gerada por habitante, por dia, de 1,06 kg para 1,07 kg (2014/2015) (Figura 1).

Em especial no município de São Carlos - SP, que possui toda a extensão da área urbana inserida na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI – 13), conforme dados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos de 2015 elaborado pela Companhia Paulista de

Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, são produzidos 208,55 t/dia (SÃO PAULO, 2015).

Segundo a CETESB, apesar da coleta regular atingir 100% da área urbana, o crescimento da cidade para áreas próximas de nascentes tem feito o problema da gestão de RSU somar-se com a necessidade de proteção dos recursos hídricos, uma vez que o uso e ocupação do solo é responsável por impactar de diferentes formas os mananciais, sendo o transporte de resíduos sólidos trazidos pelo escoamento de águas pluviais um dos seus efeitos mais notáveis (SÃO PAULO, 2012).

Tucci (2005, 2008) também enfatiza que este transporte se dá em estágios avançados de urbanização, em que o volume de resíduos conduzidos pela rede de drenagem nos corpos hídricos é regulado por fatores como a frequência e a cobertura da coleta, limpeza pública, coleta seletiva, pela frequência e o volume de precipitação e a forma de disposição dos resíduos pela população. Daltoé et al. (2016) investigaram esse papel da comunidade como um dos atores influentes na geração de resíduos carreados pelas águas pluviais. Os autores atribuem os descartes inadequados pela população, principalmente de sacolas plásticas (resíduo plástico tipo 1), como um dos principais causadores de pontos de alagamento.

Esse problema foi observado em São Carlos pela FIPAI (2010), a qual evidencia que o processo de expansão urbana da cidade ocupou muitas das áreas adjacentes à corpos hídricos, bem como suas nascentes (Figura 2).

Figura 2 – Bacia hidrográfica do córrego do Monjolinho, em escala de aproximadamente 1:100.000



Fonte: GEOEYE (2015).

É neste contexto que está estabelecido o bairro residencial Douradinho e sua região, objeto empírico deste estudo, onde a ocupação do território ocorreu recentemente (Figura 3), de forma que o loteamento se consolidou circundando Áreas de Preservação Permanente (APP), onde estão localizadas as nascentes do córrego São Rafael e córrego Douradinho.

As APP's supracitadas estão localizadas na bacia hidrográfica do córrego do Monjolinho (Figura 2), área de manancial de captação superficial para o abastecimento público. Segundo o parecer do COMDEMA (Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente) N° 01/2005, a vegetação no entorno das nascentes compõe um dos maiores fragmentos florestais dessa bacia, que contribui com 20% da água consumida pela população de São Carlos (SÃO CARLOS, 2005a). Observa-se ainda

que o estado atual da bacia já é comprometido a ponto de ser objeto de várias iniciativas do Ministério Público do Estado de São Paulo, no sentido de impedir o aumento da exploração imobiliária da área.

Figura 3 – Dinâmica da ocupação na região do parque residencial Douradinho, 2004(A), 2005(B) e 2011(C)



Fonte: GEOEYE (2004, 2005, 2011).

Dada à importância ecológica e social dessa região, considerando as condições de ocupação e suas consequências, destacam-se neste trabalho os impactos causados nesta área de nascentes pelos resíduos sólidos, tendo em vista a importância das nascentes como fonte de alimentação das bacias hidrográficas que abastecem a população e sustentam a biota, sendo de alta relevância buscar a preservação deste recurso. Além dos benefícios mais evidentes alcançados com a preservação ambiental, Andrade e Alcântara (2016) afirmam ainda que a gestão sustentável de resíduos é capaz de transformar o que é considerado um problema em algo com valor econômico e social.

A demanda por essa transformação fica evidente no depoimento de moradores do bairro, que testemunharam desde o início as modificações do ambiente resultantes desse processo de ocupação:

Lá dentro da mata mudou muito, pra sujeira, onde a água daqui do bairro cai lá, é sacola de plástico é tudo, é só sujeira! (...) lá você vai ver coisa, lá você vai ver qui lugar bonito, mais dá dó, é sujeira! É sacola de plástico é sandália é calça veia é tudo!

E num era daquele jeito não! Nunca foi daquele jeito! Era limpim! Sr. Vicente (SOARES, 2008).

Neste sentido, este estudo pretende contribuir com informações que sirvam como base para a tomada de medidas de mitigação, bem como de sustentabilidade no desenvolvimento urbano, visando o estabelecimento de uma interação homem-ambiente que se desenvolva da forma mais harmoniosa possível.

2 OBJETIVOS

Diagnosticar os impactos dos resíduos sólidos sobre as nascentes dos córregos Douradinho e São Rafael, e propor intervenções para a proteção do recurso hídrico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Tendo como foco de análise os córregos Douradinho e São Rafael, considerando toda sua extensão e a área urbanizada contribuinte para suas nascentes, delimitou-se a área de estudo a partir da topografia, hidrografia e uso e ocupação.

Em um primeiro momento foram analisados os instrumentos legais pertinentes à regulação da ocupação urbana e do patrimônio ambiental da área, a partir de pesquisa e análise bibliográfica e documental. Para tanto as principais fontes de informação foram as normas legais municipais vigentes.

Buscou-se construir uma análise descritiva da problemática, e a partir de um roteiro de campo foram feitas visitas técnicas ao local, orientando-se através de protocolos de diagnóstico ambiental e realizando registros fotográficos de objetos de interesse. Foram mapeados os elementos e dispositivos do sistema de drenagem urbana, as delimitações do uso e ocupação do solo, áreas com acúmulo de resíduos e suas principais fontes geradoras. Tais elementos foram georreferenciados por meio do Sistema NAVSTAR-GPS, utilizando o receptor Garmin Etrex HCx.

Utilizando cartas topográficas em escala 1:10.000 disponibilizadas pelo IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo), folhas SF-23-V-IV-3-SE-E e SF-23-Y-A-I-I-NE-A (SÃO PAULO, 1990), foram digitalizadas, no programa MapInfo Professional 10.0, as curvas de nível, corpos hídricos e nascentes localizadas na área de estudo, associando os vetores a bancos de dados.

Considerou-se a carta de “Áreas e Equipamentos Públicos” produzida pela Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano (SMH DU, 2015), que apresenta os parcelamentos do solo de São Carlos, seus equipamentos e áreas públicas. Com estas informações foram delimitadas no ambiente SIG as áreas urbanizadas, praças, escolas e creches.

A partir das bases cartográficas foram produzidos mapas temáticos de declividade e hipsometria, e com os dados coletados em campo elaborou-se a caracterização geral de uso e ocupação, todos em projeção cartográfica Lat/Long, com datum horizontal South American 1969.

Considerando tais produtos foram realizadas análises de estratégias para solução do carregamento de resíduos sólidos pelas águas pluviais para as nascentes, tendo em vista dispositivos para o sistema de drenagem, equipamentos para gestão dos resíduos sólidos e concepção de políticas urbanísticas. Trabalhou-se com a perspectiva da aptidão físico-ambiental do território para alocação das medidas propostas.

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de São Carlos - SP, delimitada pelas coordenadas de longitude -47,857148 e latitude -21,995244 no ponto 1 e longitude -47,838610 e

latitude -22,02865 no ponto 2, abrangendo os bairros Parque Residencial Douradinho, São Rafael e Jardim Tangará.

Para Celli (1999) o clima de São Carlos se ajusta adequadamente à classe Cwa, segundo a classificação climática Köppen, o que indica um clima temperado ou subtropical, com chuvas de verão e temperaturas médias maiores que 22° C.

Lorandi et al. (2001) caracterizou esta região em seus aspectos fisiogeográficos. Conforme sua descrição, a cobertura vegetal original dessa área era formada por um subtipo de floresta mesófila semidecídua, a qual encontra-se quase totalmente erradicada, com algumas poucas áreas remanescentes. Especificamente no entorno rural dos bairros analisados, a ocupação predominante observada foram pastagens, e de maneira secundária o cerrado, com presença de mata ciliar nas zonas ripárias, além de áreas de reflorestamento em alguns pontos.

Em relação à geomorfologia, de acordo com São Paulo (1997) apud Lorandi et al. (2001), a área estudada situa-se a Planalto Residual de São Carlos, que compõe a Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, e apresenta as formações geológicas Serra Geral e Formação Marília, esta última constituída predominantemente por arenitos, com ocorrência de siltitos, argilitos e conglomerados.

Os solos presentes na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho como um todo são pertencentes as seguintes classes: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro, Latossolo Vermelho amarelo, Terra Roxa Estruturada, Areia Quartzosas Profundas, Solos litólicos e Solos Hidromórficos, segundo Souza et al. (2000). Constata-se que os solos mais arenosos são predominantes nas regiões de cabeceira, como ocorre na área dos bairros analisados, o que configura uma situação de potencial à erosão frente à alteração das características hidrológicas com a ocupação urbana da bacia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do arcabouço legal municipal

Frente às potencialidades ambientais que caracterizam a região (presença de significativo fragmento de vegetação nativa e contribuição para captação de água do município) e às fragilidades que têm se configurado no território (expansão urbana sobre as franjas da cidade e alteração das características naturais), o município de São Carlos construiu um arcabouço legal que reconhece a necessidade de preservação desta área. As normas legais trazem especial atenção a respeito das Áreas de Preservação Permanente (APP), do gerenciamento de resíduos sólidos e do manejo das águas pluviais.

Dentre elas está o Plano Diretor instituído pela Lei nº 13.691/2005, que estabelece dentre as suas diretrizes atenção especial à preservação e recuperação ambiental (SÃO CARLOS, 2005b). Visando a ocupação ordenada e a identificação dos potenciais de cada região de São Carlos, tal plano subdivide o município em zonas, dentre elas a região onde encontra-se o objeto desse estudo, Zona 5A de Proteção e Ocupação Restrita (Art. 23, § 1, inciso II), caracterizada como área de preservação do manancial de abastecimento público, para a qual estão estabelecidas normas específicas de uso e ocupação, como o controle do adensamento urbano, monitoramento das atividades rurais e restrições no parcelamento e uso do solo, com o objetivo de “Promover a proteção e a recuperação da qualidade e quantidade de águas superficiais que compõem os mananciais de abastecimento público (Art. 45, inciso IV)” (SÃO CARLOS, 2005b). Para o córrego São Rafael, o Plano Diretor em seu Zoneamento Municipal instituiu uma Área de Especial Interesse Ambiental abrangendo sua nascente e as faixas APPs, onde é prioritária a preservação, recuperação e reflorestamento.

Outra questão tratada no Plano Diretor são os projetos de drenagem de água pluvial, os quais compreendem dissipadores de energia, pavimentos permeáveis, bacias de retenção e detenção, galerias de águas pluviais entre outros mecanismos que devem ser implantados de forma que “[...] a

vazão de escoamento seja mantida dentro das condições originais da área antes de ser urbanizada, reduzindo-se os impactos da urbanização nos fundos de vale e nos corpos d'água (Art. 103)".

Desta forma, as alterações no comportamento hidrológico da bacia advindas com a impermeabilização das superfícies pelos parcelamentos de solo devem ser compensadas com dispositivos hidráulicos e hidrológicos para preservar a qualidade ambiental dos fundos de vale.

Segundo o Relatório do Plano Municipal de Saneamento, a região do Parque Residencial Douradinho é classificada como área de drenagem inexistente (SÃO CARLOS, 2012).

Dentre as legislações pertinentes está a Lei nº 13.944/2006 que dispõe sobre a criação de Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município – APREM/SC, correspondendo às áreas localizadas na bacia hidrográfica do Córrego Monjolinho a montante da estação de captação de água do Espriado, incluindo a presente área de estudo. Conforme o Art. 4, inciso I, objetiva-se com as APREM, buscar a proteção e recuperação das áreas de manancial, "principalmente através da recomposição da vegetação ciliar, ripária ou de galeria" (SÃO CARLOS, 2006a).

No que diz respeito aos resíduos, São Carlos possui uma Política Municipal de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei nº 14.480/2008, que tem entre suas diretrizes o papel de incentivar a coleta seletiva e orientar quanto às formas de descarte e sua regulamentação (SÃO CARLOS, 2008). A coleta regular de tais resíduos fica a cargo da entidade competente, assim como o transporte e acomodação, porém os moradores são responsáveis pela oferta de tais resíduos, pela varrição de calçadas em ruas de pouca circulação, pela limpeza interna de seus domicílios e pela colocação de suportes de lixo, sendo o morador também responsável pela sua limpeza. É expressamente proibido o abandono de bens inservíveis, sendo considerado ato lesivo à limpeza pública o despejo de papéis, embalagens, entre outros em qualquer espaço público ou privado, assim como "depositar, lançar ou atirar em riachos, canais, arroios, córregos, lagos, lagoas e rios ou às suas margens, resíduos de qualquer natureza, que causem prejuízo à limpeza ou ao meio ambiente (Art. 66, inciso VII) (SÃO CARLOS, 2008)".

Segundo a Lei nº 12.902/2001, que dispõe sobre a limpeza de imóveis, os lotes vazios, estejam abertos ou fechados, edificados ou não, devem permanecer "limpos, livres de lixo, detritos, entulhos ou qualquer material nocivo à vizinhança e à saúde pública", cercados de mureta de tamanho mínimo de 0,50 cm (SÃO CARLOS, 2001).

Em relação aos resíduos mais volumosos, em São Carlos está instituído o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, estabelecido pela Lei nº 13.867/2006, que tem, dentre suas finalidades, desenvolver métodos que facilitem a destinação desses resíduos, propondo pontos de entrega de pequenos volumes, recepção de grandes volumes e disponibilização de cartilhas informativas a respeito de tais programas (SÃO CARLOS, 2006b). Destacam-se nessas propostas os ecopontos, pontos de entrega de pequenos volumes que recebem dos munícipes uma carga máxima de 1 metro cúbico.

4.1 Análise descritiva da problemática dos resíduos sólidos e seus impactos

A região onde estão localizados os objetos deste estudo teve seu processo de ocupação iniciado na década de 1970, com a implantação do loteamento Jardim Tangará, tendo sua ocupação mais recente feita pelo loteamento que originou o Residencial Douradinho em 2001. Nesse processo, observa-se que não se adotaram medidas adequadas de proteção em relação às áreas de manancial presentes em seu entorno. Com isso, tal área desenvolveu passivos ambientais decorrentes dos processos de urbanização, devido à proximidade que esta se encontra da área urbana.

Nesse sentido, por meio de análise visual, foi possível identificar os principais problemas de poluição das nascentes relacionados a tais processos, evidenciando-se os resíduos sólidos como elemento mais claro de degradação. As principais fontes de tais resíduos, se apresentaram de forma pontual por meio de saídas de drenagem, dissipadores de energia e outros tipos de lançamentos de águas pluviais sobre as nascentes.

Figura 4 – Dissipador de energia da água localizado na nascente do córrego Douradinho

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

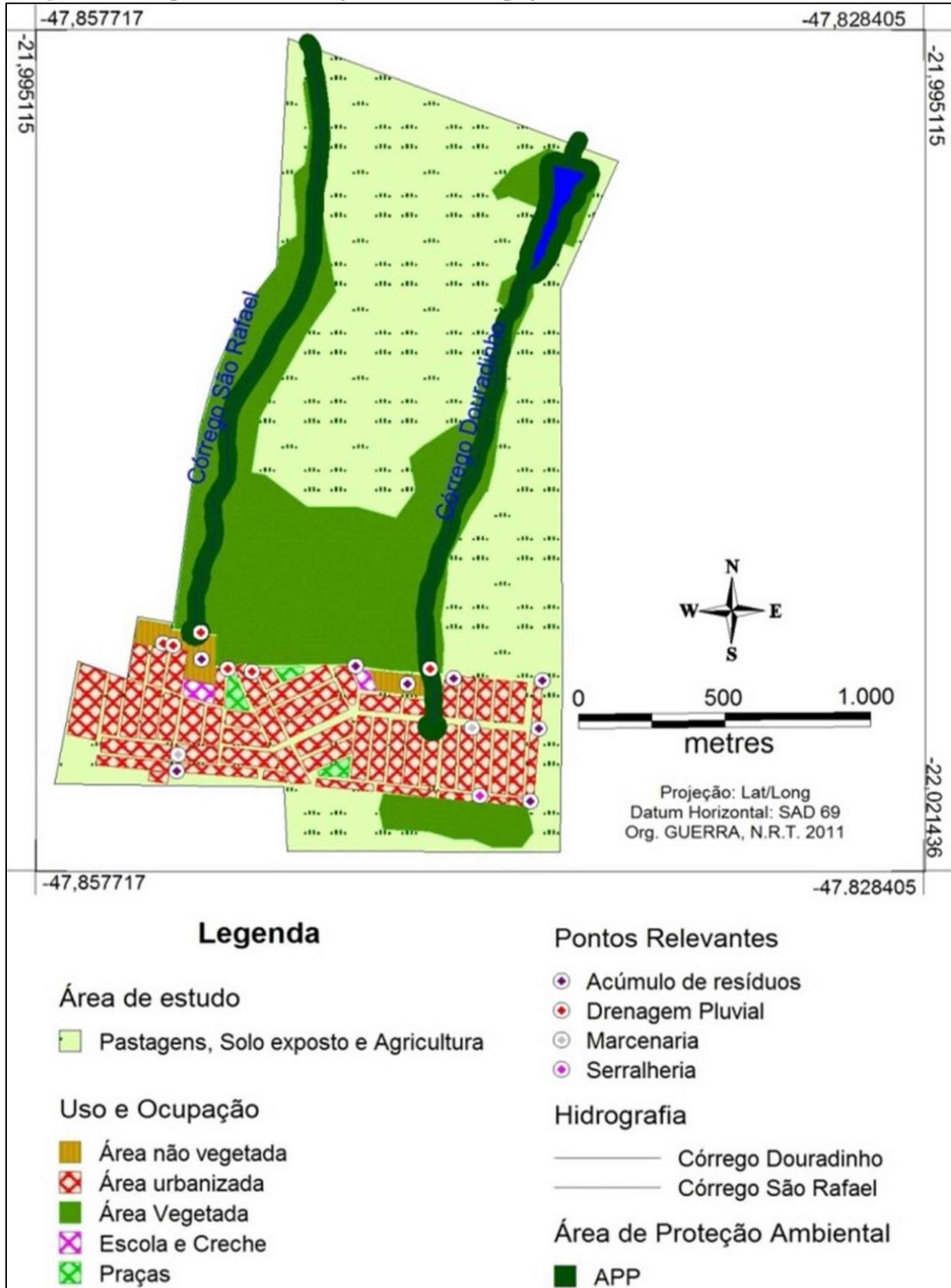
Destaque ao dissipador de energia dos lançamentos do Residencial Douradinho (Figura 4), que, ao concentrar a drenagem do bairro, é um dos que mais contribui com o carreamento de resíduos para as nascentes do córrego Douradinho, os quais deslocam-se e se distribuem por toda extensão dos córregos e impactam suas APPs.

No intuito de localizar os potenciais geradores dos resíduos que se deslocam até as nascentes, identificaram-se zonas de acúmulo de resíduos, essencialmente lotes vazios e áreas públicas subutilizadas, onde ainda podem ocorrer mais despejos.

Neste sentido, foi feito um levantamento dos pontos potenciais de poluição por resíduos sólidos que se configuram, de forma direta ou indireta, como aspectos ambientais às nascentes. Adicionam-se também a tal descrição alguns geradores possivelmente mais significativos, como serralherias e marcenarias.

Entre os resíduos sólidos identificáveis nas áreas das nascentes, pode-se dizer que esses são essencialmente provenientes de descarte doméstico, transportados das vias públicas por meio do sistema de escoamento de águas pluviais. Já nas áreas adjacentes às nascentes, existe a presença de rejeitos de construção civil, móveis, além do resíduo doméstico. Destacou-se a grande quantidade de resíduos de construção civil presentes em algumas áreas próximas à nascente do Córrego São Rafael e no Residencial Douradinho. No último caso, atribui-se tal condição às características específicas do loteamento, pois este ainda se apresenta em consolidação da urbanização, com diversos lotes em construção e não ocupados.

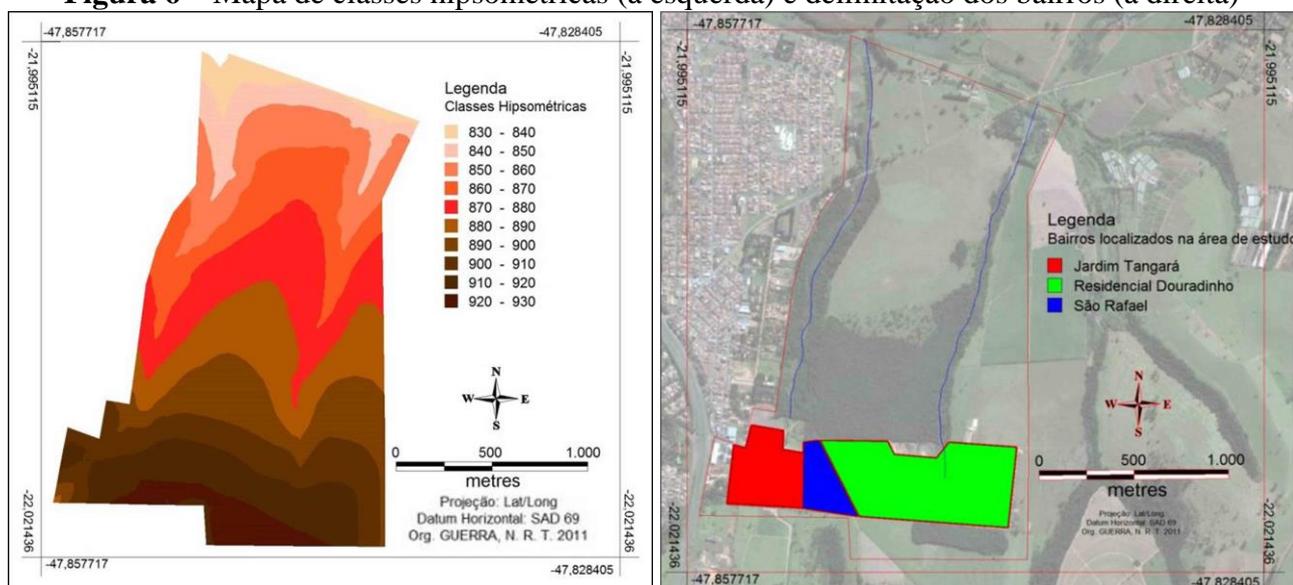
Nos pontos de acúmulo de resíduos observados (Figura 5), verifica-se certa tendência à disposição desses resíduos ao final de ruas sem saída que têm contado com áreas rurais ou vegetadas adjacentes ao bairro. Também existe uma tendência à disposição desses resíduos em lotes vazios do próprio bairro.

Figura 5 – Mapa de caracterização do uso e ocupação do solo, na área de estudo delimitada

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A abrangência da área de contribuição de drenagem para o transporte dos resíduos foi então examinada através do padrão de altitude da região e orientação topográfica (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de classes hipsométricas (à esquerda) e delimitação dos bairros (à direita)

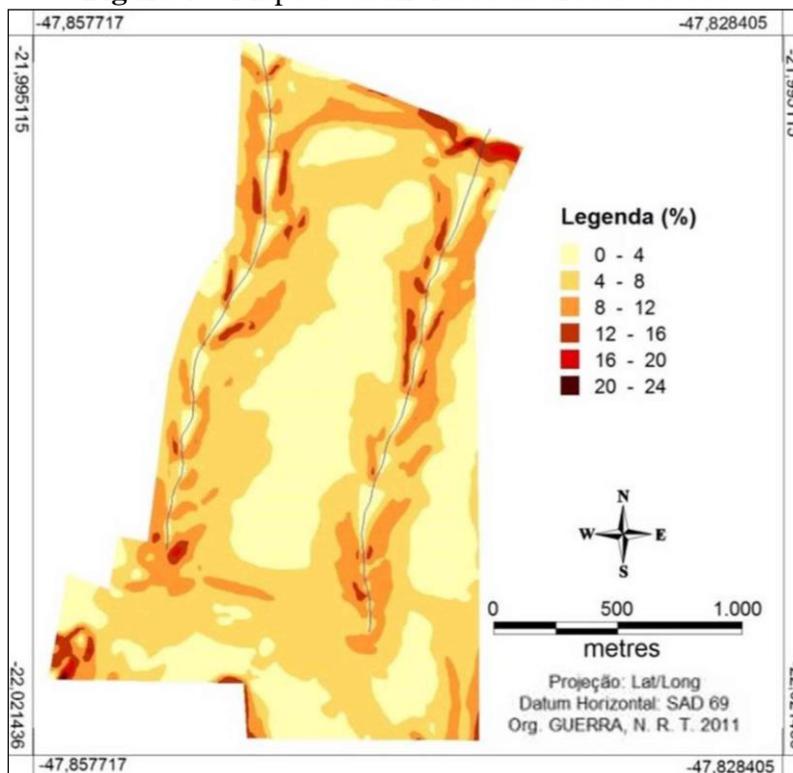


Fonte: Próprio autor, 2013.

Neste padrão, visualiza-se, que as águas pluviais de fato são drenadas tais nascentes, do córrego Douradinho e São Rafael, e tem origem principalmente nos respectivos bairros em que as mesmas estão incluídas, Jardim Tangará, São Rafael e Parque Residencial Douradinho (Figura 6).

Em relação à declividade (Figura 7), existem algumas áreas próximas às nascentes de maior declividade, configurando maior suscetibilidade a erosão como verificado nas visitas ao local.

Figura 7 – Mapa de declividade da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Como produto da erosão, apresentam-se os materiais que se desprendem das encostas desprotegidas de vegetação (Figura 8). Tais partículas são carregadas para os rios e córregos, gerando assoreamento. Além disso, os pontos de alta declividade não são locais adequados para a disposição de resíduos, pois podem vir a escoar para as nascentes. Tal fato é de importante relevância para a localização do ponto de coleta de resíduos sólidos (ecoponto), a ser proposto.

Figura 8 – Ponto de erosão localizado próximo a nascente do córrego Douradinho



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

4.2 Proposta de medidas de mitigação e sustentabilidade

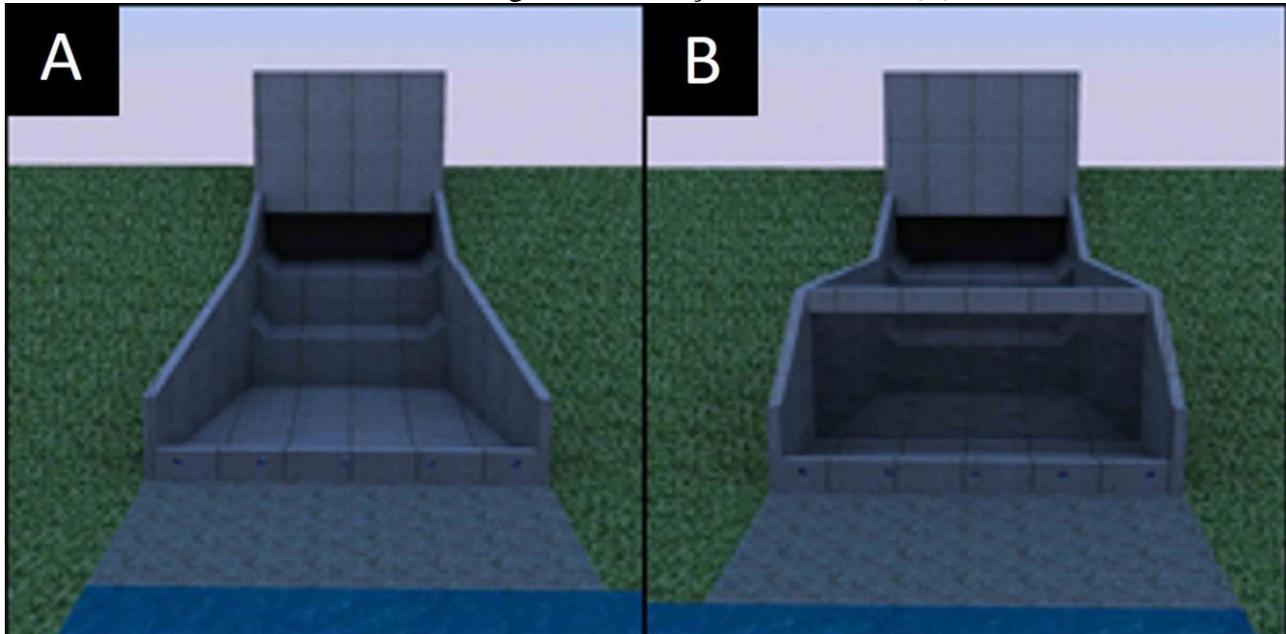
Uma vez estabelecido o processo de urbanização os impactos causados pelos resíduos sólidos identificados nesta área podem ser minimizados com algumas medidas, as quais devem abranger desde educação ambiental às obras de engenharia.

Neste sentido, em relação ao dissipador de energia no lançamento das águas pluviais, localizado no Residencial Douradinho, anteriormente citado como fonte dos resíduos para o córrego Douradinho, propõe-se a criação de um gradeamento ou telamento (Figura 9), de malha fina, na frente do dissipador.

Desta forma, no momento dos lançamentos da drenagem do bairro os resíduos transportados ficarão presos na malha. Esse dissipador deve ter manutenção periódica, já que tal resíduo tende a se acumular e obstruir a passagem pelo gradeamento, afetando a vazão de projeto da estrutura. Sua manutenção é de responsabilidade do poder público municipal nas áreas de APREM, visto que esta manutenção é prevista na Lei nº 13.944/2006 em seus Arts. 18 e 34, assim como a priorização dos serviços de varrição pública na área do bairro, adoção de dispositivos de contenção de resíduos e dissipadores de energia (SÃO CARLOS, 2006a). Enfatiza-se que é necessário ainda propor uma forma de manutenção menos impactantes ao ambiente, uma vez que a intervenção por meio de

máquinas de grande porte perturbaria a Área de Preservação Permanente, sendo inicialmente indicada a retirada manual dos resíduos.

Figura 9 – Representação gráfica do dissipador de energia em seu estado atual (A), e quando adicionada a grade de retenção dos resíduos (B)



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Por sua vez, o córrego São Rafael apresenta, em totalidade, três pontos de lançamento das águas pluviais, sendo que dois desses pontos são contemplados com dissipadores de energia da água (Figura 10), nos quais propõe-se também a colocação de gradeamentos em seus orifícios de saída.

Figura 10 – Dissipadores de energia localizados no bairro São Rafael



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

No terceiro dissipador (Figura 11), é necessário o levantamento de muros em seu entorno para possibilitar a fixação do gradeamento de retenção dos resíduos. A manutenção segue os mesmos padrões e justificativas supracitados.

Figura 11 – Dissipador de energia em forma de escada localizado nas nascentes do córrego São Rafael



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Também é interessante adicionar gradeamentos nas bocas de lobo do bairro, evitando assim que boa parte dos resíduos acumulem nos dissipadores ou obstruam as galerias. Além disso, existe uma boca de lobo em especial, localizada no Residencial Douradinho, que deposita a água diretamente na área vegetada, sendo sugerida uma intervenção que conduza adequadamente a drenagem ou o seu gradeamento.

Outro ponto de lançamento de resíduos para a mata, e conseqüentemente para os córregos, se encontra próximo a uma área pública (Figura 12), em contato direto com a área vegetada, sendo um ponto de entrada de resíduos devido ao lançamento das águas nesta área.

Figura 12 – Ponto de lançamento da drenagem de águas pluviais diretamente para a mata, carregando resíduos no bairro São Rafael



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Tal área não apresenta cercas substanciais ou outros meios que impeçam a sua conformação futura como local de acúmulo de resíduos. Desta forma, orienta-se que nesta área sejam construídos bloqueios para controlar o acesso dos moradores à área. Recomenda-se que este bloqueio apresente permeabilidade visual, o que pode ser obtido com o uso de alambrados, reduzindo-se os impactos paisagísticos e estéticos. Deve-se tomar cuidado especial para o ponto de drenagem, construindo-se uma passagem para a água onde também deverá ser aplicado um gradeamento, acompanhado de uma estrutura de condução das águas até o corpo hídrico, que pode se constituir como uma vala gramada para reduzir os impactos ambientais. A longo prazo, sugere-se uma maior integração desta área vegetada com as vias e áreas públicas do loteamento, de modo a promover um uso recreativo pela população, a qual poderá valorizá-la enquanto espaço de sociabilização.

Uma medida a ser tomada para evitar que os resíduos não cheguem às vias públicas é instituir uma política de cuidado com a acomodação dos mesmos nas portas das residências. Tais resíduos devem ser dispostos em sacos plásticos ou outros tipos de invólucro, nos dias corretos de coleta, propondo-se que todas as casas tenham cestas acima do nível do solo, para evitar que animais perfurem os sacos e que tais resíduos sejam transportados pelas águas pluviais.

A instalação de lixeiras públicas nas vias principais também é um bom método para evitar que resíduos sejam dispostos no solo. Ainda a respeito do carreamento de resíduos, deve-se enfatizar a necessidade de recompor as matas ciliares de tais córregos. A presença da vegetação serve como uma zona de amortecimento para evitar que tanto os resíduos quanto os produtos da erosão cheguem às águas. As áreas de erosão localizadas em tais locais devem ser controladas e restauradas, tanto no córrego São Rafael, onde já foram implementadas obras de controle, quanto no Douradinho, onde desviou-se o lançamento das águas pluviais, anteriormente dispostas sobre a nascente, para um local adjacente, na ocasião da construção do dissipador, porém não foi executada a restauração florestal deste último.

Neste sentido, propõe-se enquanto um método de restauração a redução mecânica da declividade na área erodida, fazendo uso de seixos para permitir a percolação da água no solo e evitar o soterramento da nascente. Somente após estas intervenções estruturais deve-se iniciar o plantio e da vegetação.

Quanto às medidas para o manejo dos rejeitos de construção civil, orienta-se que os terrenos baldios sejam, segundo previsto por legislação, isolados com muros de no mínimo 0,50 m, o que dificultaria a disposição dos resíduos (SÃO CARLOS, 2001). Além disso, foram encontradas nos bairros iniciativas para estabelecer hortas e pequenas plantações nesses locais, o que vem a ser uma medida interessante no que diz respeito à limpeza destes ambientes. Sugere-se que esta prática seja regulamentada e incentivada.

A respeito dos finais de rua, é necessário que esses locais sejam murados, para evitar que esses resíduos aumentem sua zona de acúmulo para as áreas vegetadas e terrenos de campos abertos, os quais envolvem o bairro. Além disso, como já está proposto para o bairro Douradinho e sua região, é necessária a implantação do ecoponto, para que os residentes tenham algum local de destinação de tal resíduo. A implantação deste equipamento deve estar associada à revitalização de praças públicas e de outros ambientes, como terrenos pertencentes à prefeitura que se encontram abandonados, tais os localizados próximos às nascentes.

Por fim, é necessário que os moradores destes bairros estejam cientes da importância ambiental desta área, pois em consultas à população percebeu-se que a existência das nascentes ainda é pouco conhecida. Portanto é fundamental divulgar tais propostas para a comunidade, através de folders informativos relacionados, por exemplo, à necessidade da acomodação correta de resíduos, datas de coleta pela prefeitura e os impactos dos resíduos quando inseridos via escoamento superficial nas nascentes.

Também é necessário que, posteriormente à efetivação das medidas propostas, se organizem campanhas de limpeza nos córregos pelos próprios moradores, associados às ONGs que atuam na região, no intuito de demonstrar a problemática à população. O ideal é que se estabeleça no bairro

parcerias entre associação de moradores, prefeitura e ONGs, para estruturar ações contínuas que promovam a sensibilização ambiental visando a valorização do recurso natural de forma a ser visto como um potencial da referida região, e não um obstáculo ao processo de ocupação. Somente através da informação e do desenvolvimento de uma relação de respeito com ambiente será possível progredir rumo a sustentabilidade socioambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento populacional, aliado ao processo de urbanização, tem evidenciado a necessidade de se debater a questão dos resíduos sólidos resultantes dos mesmos, sendo esse problema ainda maior quando se tratam de ocupações próximas a áreas de mananciais, como no caso dos bairros investigados neste artigo. No entanto, uma vez que a ocupação já se encontra consolidada, é urgente a implantação de medidas mitigadoras e preventivas.

Neste sentido, espera-se que este trabalho venha a somar entre as iniciativas em prol da sustentabilidade, pois fornece informações que serão disponibilizadas ao poder público e às organizações locais. Assim, pode ser utilizado como subsídio para a implantação destas medidas e para a formulação de política públicas que melhor conduzam o processo de desenvolvimento urbano. Ressalta-se que tal processo depende eminentemente da manutenção do equilíbrio biogeofísico nos sistemas ambientais, condição que é suporte para o desenvolvimento sustentável das atividades humanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos Sólidos Urbanos e Impactos Socioambientais no Bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: ABRELPE, 2015. 92 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 20 jan. de 2017.

CELLI, C. E. **Monitoramento do material particulado respirável suspenso na atmosfera do centro da cidade de São Carlos – SP**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1999. 105 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Química.

DALTOÉ, M. F. et al. Resíduos Sólidos na Rede de Microdrenagem - Uma Análise Qualitativa na Cidade de Pelotas/RS. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 175-188, 2016.

FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL (FIPAI). **Aterro sanitário para disposição final de resíduos sólidos domiciliares do município de São Carlos/SP: Relatório de Impacto Ambiental RIMA**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2010.

GEOEYE. **Mancha urbana do Município de São Carlos**. [Curitiba]: 2004. Imagem de satélite. Escalas variam.

_____. **Mancha urbana do Município de São Carlos**. [Curitiba]: 2005. Imagem de satélite. Escalas variam.

_____. **Mancha urbana do Município de São Carlos.** [Curitiba]: 2011. Imagem de satélite. Escalas variam.

_____. **Mancha urbana do Município de São Carlos.** [Curitiba]: 2015. Imagem de satélite. Escalas variam.

LORANDI, R.; TAKEMOTO, F.; SALVADOR, N. N. B.; TORRESAN, F. E. Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], n. 33, p. 111-117, dezembro de 2001. Disponível em: <<http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/article/viewFile/203/186>>. Acesso em: 23 abr. de 2014.

MOREJON, C. F. A.; LIMA, J. F. B.; ROCHA, W. F. C.; POSSA, R. D. Proposta de novo modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos. In: CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD, maio de 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2011. 10 p. Disponível em: <www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sesoes/5B/6/Morejon_CFM%20-%20Paper%20-%205B6.pdf>. Acesso em: 30 out. de 2011.

SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO (São Carlos). **Áreas e equipamentos públicos.** [S. l.: s.n.], 2005, janeiro de 2015. Escala 1:25.000.

SÃO CARLOS (Município). **Lei nº12.902, de 14 de novembro de 2001.** Dispões sobre a limpeza de imóveis, construção de passeios públicos, revoga a lei 12.111/99 e dá outras providências.

_____. Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CONDEMA). **Parecer COMDEMA nº01/2005**, 2005a.

_____. **Lei nº13.691, de 25 de novembro de 2005b.** Institui o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências.

_____. **Lei nº13.944, de 12 de dezembro de 2006a.** Dispõe sobre a criação das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Município – APREM e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/SP/SAO.CARLOS/LEI-13944-2006-SAO-CARLOS-SP.pdf>>. Acesso em: 23 abr. de 2014.

_____. **Lei nº13.867, de 12 de setembro de 2006b.** Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e o sistema para a gestão destes resíduos e dá outras providências.

_____. **Lei nº14.480, de maio de 2008.** Institui a Política Municipal de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos e dá outras providências.

_____. **Plano Municipal de Saneamento de São Carlos/SP.** São Carlos: Coordenadoria de Meio Ambiente, 2012. 421 p. Relatório 05.

_____. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2012.** [S.l.]: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 112 p., 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2012.zip>>. Acesso em: 22 abr. de 2014.

_____. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2015**. [S.l.]: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 128 p., 2015. Disponível em: <<http://residuossolidos.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2013/11/inventario-RSD-2015.pdf>>. Acesso em: 20 jan. de 2017.

SOUZA, P. A. P.; SANTOS, M. B.; PALHARES, J. C. Pedologia. In: ESPÍDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. (Org.). **A Bacia Hidrográfica do rio Monjolinho**. São Carlos: Rima, 2000.

SOARES, R. G. S. **Proposta de intervenção em educação ambiental no bairro: Parque Residencial Douradinho**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2008. Monografia – Curso de Especialização em Educação Ambiental.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. [S.l.]: Ministério das Cidades, 2005, 192 p.

_____. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

THE WORLD BANK. **What a Waste: a global review of solid waste management**. [S.l.]: 2015.

Data de submissão: 25.04.2015

Data de aceite: 17.05.2017

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.