

METODOLOGIA DE DELIMITAÇÃO DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS

METHODOLOGY FOR DELIMITING TECHNOGENIC DEPOSITS

PEDRO LUIZ FERREIRA GOMES

Graduando Eng. Civil, Universidade Federal de São Carlos – SP, pedroluizfgomes@hotmail.com

DENISE BALESTRERO MENEZES

Geóloga, DECiv, Universidade Federal de São Carlos – SP, denisebm@ufscar.br

GEISY CANDIDO DA SILVA

Gestora Analista Ambiental, UNESP Rio Claro – SP, silva_geisi@yahoo.com.br

RESUMO ABSTRACT

Áreas de descarte irregular de resíduos de construção civil são comuns por todo o país. Tais resíduos apresentam grandes riscos à população, pois, dependendo do local em que são depositados, podem afetar o solo da região e os lençóis freáticos próximos, além de gerarem dificuldades de ocupação do solo. Alguns desses depósitos são feitos pelo próprio poder público, com pouca fiscalização do que é depositado. A classificação de depósitos tecnogênicos tem diferentes formas de abordagem, seja pelo tamanho, pela constituição dos resíduos ou pelo tempo em que estão incorporados na natureza. Este artigo tem enfoque na determinação da área ocupada pelos depósitos com o de tratamento de mapas e imagens utilizando o programa ArcGis, através do cruzamento de dados de anos distintos. O estudo possibilitou a avaliação dos depósitos no decorrer do tempo, delimitando as áreas persistentes, indicativas de locais com maiores volumes aterrados, e os resultados demonstram que o método é um bom indicador da evolução dos depósitos. Os dados gráficos gerados, possibilitaram avaliações como o ano que apresentou maior deposição, o intervalo com maior variação do volume, entre outros indicativos da própria gestão municipal de resíduos ao longo do tempo.

Palavras-chave: Descarte irregular; resíduos de construção civil; depósitos antropogênicos; SIG; imagens históricas; São Carlos.

Areas of irregular disposal of construction waste are common all over the country. Such residues present great risks to the population, since, depending on where they are deposited, they can affect the soil of the region and the nearby groundwater, besides generating difficulties of occupation of the soil. Some of these deposits are made by the public power itself, with little supervision of what is deposited. The classification of technogenic deposits has different forms of approach, whether by size, by the constitution of the residues or by the time in which they are incorporated in nature. This article focuses on the determination of the area occupied by the deposits with the treatment of maps and images using the ArcGis program, through the crossing of data from different years. The study made it possible to evaluate the deposits over time, delimiting the persistent areas, indicative of sites with larger volumes of landfills, and the results show that the method is a good indicator of the evolution of deposits. The graphical data generated allowed evaluations such as the year with the largest deposit, the interval with the largest volume variation, among other indicators of the municipal waste management itself over time.

Keywords: Irregular disposal; construction waste; anthropogenic deposits; GIS; historical images; São Carlos.

1 INTRODUÇÃO

Áreas com descarte irregular de Resíduos da Construção Civil (RCC) são muito comuns nas cidades do país, principalmente cidades em processo de expansão ou renovação urbana, podendo alcançar até duas toneladas de entulho para cada tonelada de lixo domiciliar (MMA,2010).

Mesmo com as legislações existentes sobre a gestão e manejo adequado de resíduos de construção e demolição, ainda ocorrem muitos descartes clandestinos, quer seja pelo custo elevado de destinação, pela falta de locais adequados para os resíduos ou pela dificuldade de separação de outros resíduos para a entrega em destinos corretos, gerando graves problemas ambientais (MMA, 2010).

Estes descartes irregulares resultam na degradação do meio físico e do ambiente, sendo que recebem uma mistura de materiais composta de RCCs recicláveis, não recicláveis, associados à

podas, volumosos e uma pequena quantidade de resíduos domiciliares.

A cidade de São Carlos tem sérios problemas de gestão de resíduos irregulares, não havendo diminuição dos pontos clandestinos de depósito de RCC, já que de 2003 a 2009 houve um aumento de 92% (27 pontos em 2003, 42 pontos em 2009) e de 2009 a 2013 um aumento de 76% (74 pontos em 2014). Tais dados demonstram a ineficácia da gestão corretiva municipal até o momento analisado (MICELI & MENEZES, 2014), e que não teve mudanças, visto a persistência destes pontos e outros cadastrados posteriormente e estudados neste trabalho.

Através de cadastro georreferenciado de áreas irregulares no município de São Carlos que foi sendo montado (MICELI, 2014; NIZO, 2015; VALENTE, 2015), definiram-se áreas de estudo que são depósitos persistentes e, conseqüentemente, podem ser considerados depósitos tecnogênicos (Figura 1) a serem estudados em detalhe (VALENTE et al., 2017).

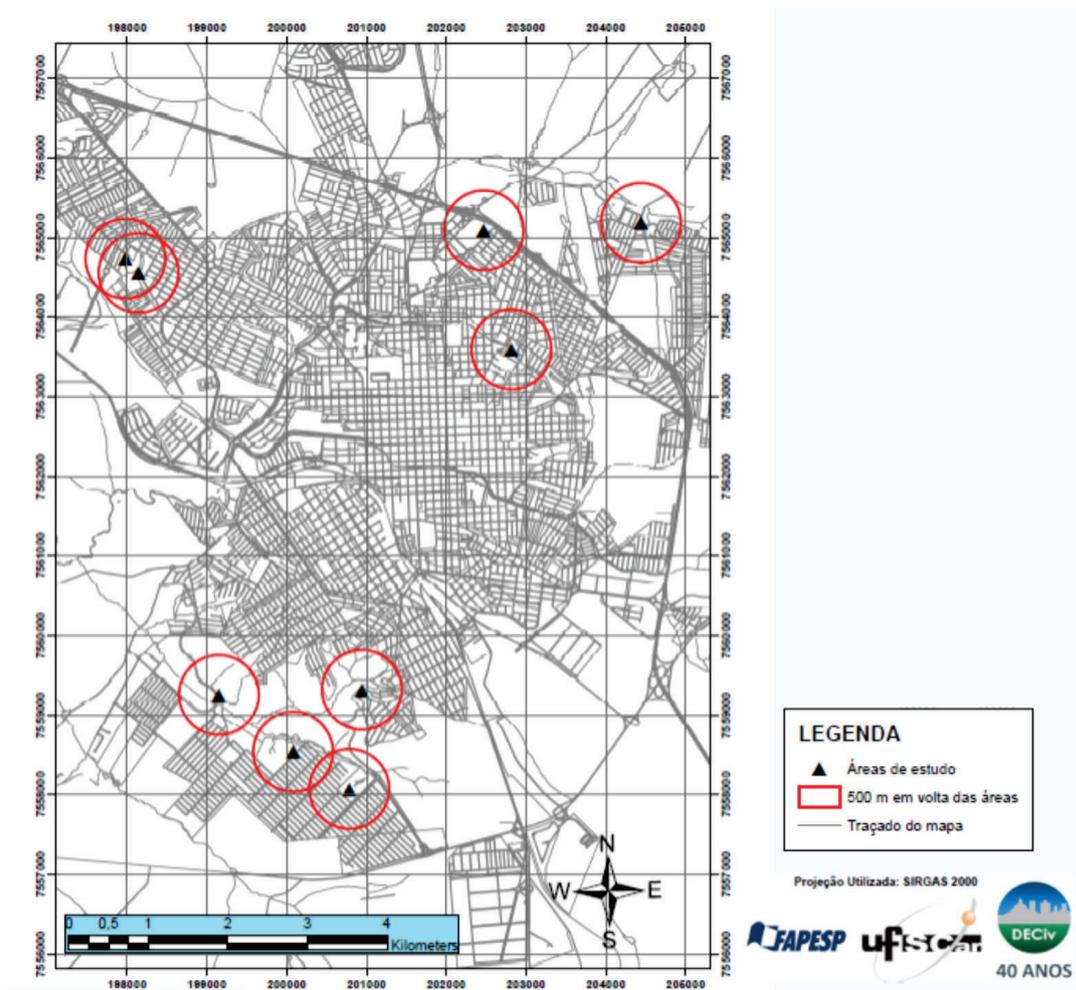


Figura 1. Pontos estudados na área urbana de São Carlos. Fonte: Modificada de Valente et al. (2017).

Depósitos tecnogênicos foram definidos como “depósitos superficiais correlativos, comparáveis aos quaternários” de acordo com Pellogia (1997) que se refere a aterros, depósitos de “bota-fora”, coberturas remobilizadas, depósitos de assoreamento, entre outros criados pela ação humana.

Estes depósitos (Figura 2) vêm sendo estudados por pesquisadores do grupo de pesquisas

Geologia de Planejamento do Meio Físico do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) quanto à sua localização, características do meio físico onde estão inseridos, sua relação com áreas de fragilidade ambiental à contaminação e à proximidade de cursos d’água.



Figura 2. Imagens de alguns dos pontos, volumes e materiais aterrados. Fonte: Acervo dos pesquisadores.

Também estão sendo estudadas as características intrínsecas destes materiais (VALENTE et al., 2017) e suas propriedades geotécnicas relacionadas com as formas de infiltração de água (GOMES, 2017) e resistência à penetração (GOMES, 2018), além de detalhamento em mestrado na fase de finalização.

Uma questão difícil de ser respondida, pela ausência de dados oficiais ou levantamentos de campo, é a área e volume ocupados pelos depósitos persistentes de resíduos que se tornam depósitos antropogênicos.

A determinação da área pode, com dados de campo de superfície, uso de GPS e uso de imagens de satélite, ser mais facilmente obtida.

Quanto à definição de volume, diversas tentativas de mapeamento em 3 dimensões estão sendo desenvolvidas, como as proposições de Beer et al. (2012) utilizando dados de sondagem, de Tame et al. (2013) com ensaios geofísicos, ou mesmo de Luberti (2018) que se baseou em imagens aéreas e mapas topográficos históricos. Mas todos estes dependem destas informações oficiais pouco

disponíveis nas cidades brasileiras ou de levantamentos de alto custo.

Este estudo foi feito com base nos trabalhos anteriores sobre a modificação das áreas com deposição de resíduos de construção civil através de diversos ensaios, além da análise histórica de imagens e sobreposição das mesmas, objetos desse artigo.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são testar e avaliar métodos para a delimitação de áreas de depósitos antropogênicos gerados por descartes irregulares de resíduos da construção civil associados ou não com outros resíduos, identificando sua evolução no tempo.

3 METODOLOGIA

Para elaboração deste trabalho foram seguidas as etapas apresentadas na Figura 3.



Figura 3. Sequência de etapas metodológicas.

3.1 Caracterização das áreas de estudo

A caracterização consiste no estudo dos resíduos existentes nas áreas em relação a diferentes aspectos, sendo eles: a proximidade de Áreas de Proteção Permanente, composição dos resíduos através de inspeção visual e de fichas de classificação utilizando metodologias de trabalhos existentes (FORD et al., 2014; OLIVEIRA & PELOGGIA, 2014; MIRANDOLA & MACEDO, 2014), análise da envoltória da área, tipos de solo e materiais inconsolidados sobre os quais os resíduos encontram-se, fragilidade existente nas áreas, usos de solo urbano e abrangência em área dos resíduos.

3.2 Tratamento de dados em SIG

As áreas de estudo foram delimitadas e inseridas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), por meio do programa ArcGis v 10.4. O ambiente foi configurado utilizando-se o Datum Sirgas 2000 e projeção UTM, fuso 23S.

Posteriormente, foram elaborados Planos de Informações (PI), constituindo um banco de dados que incluiu: vetorização da topografia, extraída das cartas 1:10.000 do Instituto Geográfico e

Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 1979); pontos georreferenciados de contorno das áreas; delimitação de bairros e ruas (PMSC, 2013) e cursos d'água extraídos e atualizados das cartas topográficas citadas anteriormente.

Por fim, utilizou-se imagens históricas dos pontos estudados (2004 a 2017) obtidas na plataforma Google Earth Pro® (GOOGLE EARTH, 2018) de diferentes satélites (Digital Globe, CNES / Airbus, SPOT/ NASA), com o intuito de se delimitar as áreas de depósito e observar sua relação com ocupação.

3.3 Delimitação das áreas através das imagens históricas

Através das imagens georreferenciadas (GOOGLE EARTH, 2018) foram delimitados polígonos no programa ArcGis para se obter uma melhor representação da área ocupada pelos depósitos em cada data analisada. Através de tais imagens foi possível perceber a evolução dos depósitos ao longo do tempo. A Figura 4 apresenta um exemplo de tratamento da evolução dos depósitos.

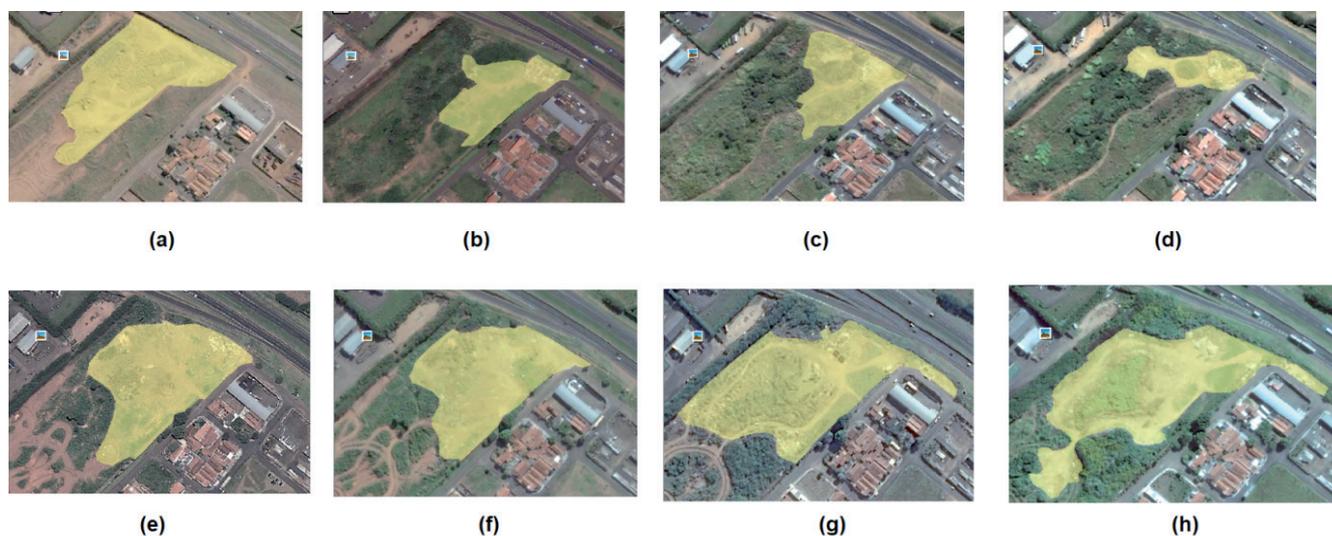


Figura 4. Evolução dos depósitos no ponto 18 sobre imagens obtidas da plataforma Google Earth Pro®. Onde (a) 30 de junho de 2004; (b) 17 de novembro de 2010; (c) 1º de junho de 2011; (d) 1º de abril de 2012; (e) 28 de outubro de 2013; (f) 09 de maio de 2014; (g) 21 de junho de 2016 e (h) 25 de maio de 2017. Fonte: Gomes, 2017.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Utilizando as áreas encontradas através do ArcGis, estudou-se a evolução dos depósitos no

decorrer do tempo através de dois aspectos principais: elaboração de polígonos de sobreposição, definição de áreas limites de deposição e elaboração de gráficos de volume em relação ao tempo.

4.1 Elaboração de polígonos de sobreposição e definição das áreas limites de deposição

Uma das formas utilizadas para estudar a evolução dos depósitos nas áreas foi a de elaborar polígonos de sobreposição, os quais se referem às áreas com resíduos persistentes nos locais estudados. Tais polígonos foram feitos através da justaposição das áreas de deposição já definidas sobre as imagens nas datas disponíveis. Outra forma utilizada foi a definição das áreas limites de deposição através das mesmas áreas utilizadas para o polígono de sobreposição. A Figura 4 apresenta a elaboração de um desses polígonos e de sua respectiva área limite, sobrepostos à imagem mais recente do local, datada de 25 de maio de 2017.

Observa-se a partir das imagens da Figura 5 que o polígono de sobreposição é feito considerando as áreas com coloração mais saturada, obtidas da sobreposição de todas as delimitações feitas. Dessa forma, obtêm-se os locais de deposição com maior incidência de descarte de resíduos de construção civil durante o período de 2004 a 2017. Em alguns casos, a sobreposição obtida, quando comparada à imagem mais recente ocorre sobre locais em que foram construídos edifícios posteriormente (Figura 5b). Percebe-se também que as áreas limites são feitas considerando os maiores espaços ocupados pelos resíduos no decorrer do tempo, não significando a área atual.

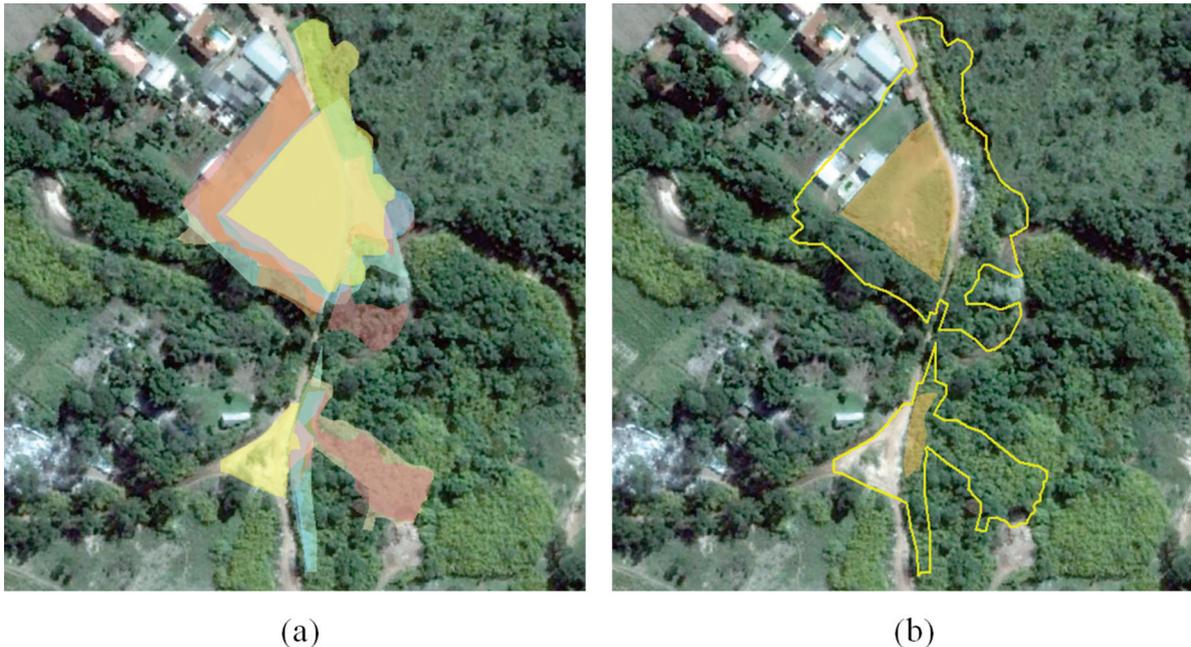


Figura 5. Elaboração dos polígonos da área 32. Onde (a) Sobreposição dos depósitos retirados das imagens históricas e (b) Área limite de deposição e área persistente Fonte: modificada de Google Earth (2018).

Feito isso, foi possível elaborar uma tabela com as áreas de deposição persistente e as áreas limites de cada local estudado, assim como as porcentagens relativas à área persistente quando comparada aos limites de locais já ocupados. A

Tabela 1 apresenta os resultados obtidos. O cálculo das áreas foi feito utilizando o próprio Arcmap, o qual obtém a área dos polígonos feitos e demonstra tais resultados de acordo com a unidade selecionada.

Tabela 1. Áreas de depósitos permanentes em cada local estudado.

Ponto estudado	Área persistente (m ²)	Área limite (m ²)	Área persistente / área total (%)
18	10.835,65	28.582,47	37,91
22	2.184,46	12.107,51	18,04
26	832,45	5.400,91	15,41
32	2.709,81	13.020,60	20,81
40	1.227,18	8.485,72	14,46
68	1.077,25	9.268,20	11,62
70	13.828,92	33.709,28	41,02
71	60.571,89	85.096,83	71,18
77	819,48	5.324,82	15,39

Fonte: Autor, 2018.

Das áreas estudadas, o ponto 71 apresenta a maior área de deposição persistente e a maior porcentagem de persistência. Outras que apresentam área limite ampla (18, 70) não apresentaram área persistente significativa, indicando dispersão de descarte pela área total ao longo dos anos.

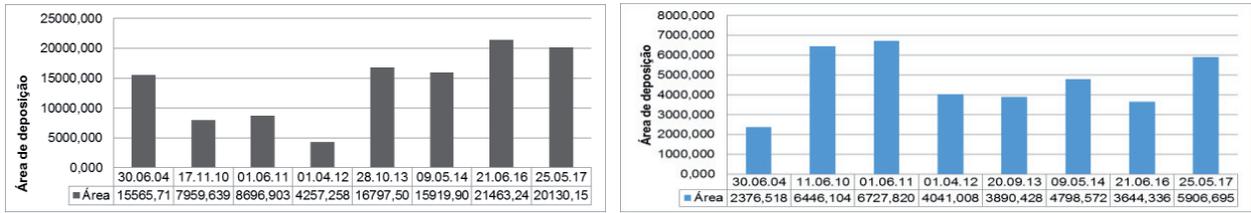
4.2 Elaboração de gráficos de deposição ao longo do tempo

Utilizando o mesmo procedimento em SIG descrito no item anterior, definiu-se a área de deposição de cada ponto estudado na data da imagem na qual o polígono feito se baseia. Através disso, construíram-se gráficos de deposição ao longo do tempo, com as áreas (m²) obtidas representadas no eixo Y e as datas específicas das imagens analisadas colocadas no eixo X. A Figura 6 apresenta os gráficos das nove áreas estudadas.

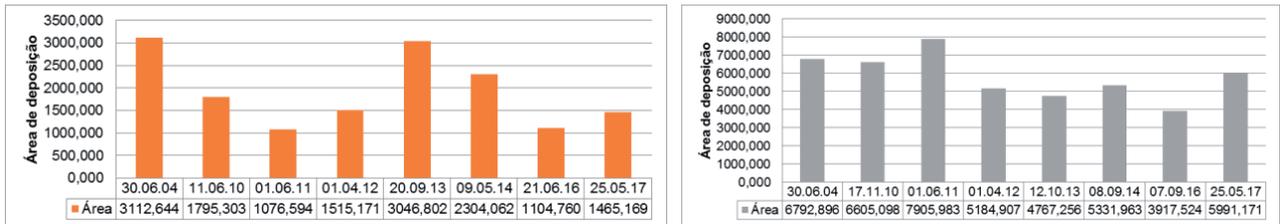
Através desses gráficos é possível analisar diversos aspectos referentes às áreas de deposição. Inicialmente se observa que todos os pontos já recebiam descartes em 2004. São possíveis as identificações de períodos (anos) onde ocorreu um maior volume de deposição a partir da maior área ocupada pelo depósito, intervalos com maior crescimento ou decréscimo, além de possíveis estabilizações da área dos depósitos.

O ano de 2013 no geral apresentou um acréscimo de área com resíduos em quase todos os pontos. O maior acréscimo de área se deu no ponto 18 entre abril de 2012 e outubro de 2013. Já o maior decréscimo ocorreu entre outubro de 2013 e 9 de maio de 2014 no ponto 70, ano de encerramento deste ponto que era de recebimento oficial da prefeitura municipal, passando a receber descartes clandestinos posteriormente. A variação ao longo do tempo é distinta para os diferentes depósitos, não demonstrando um padrão.

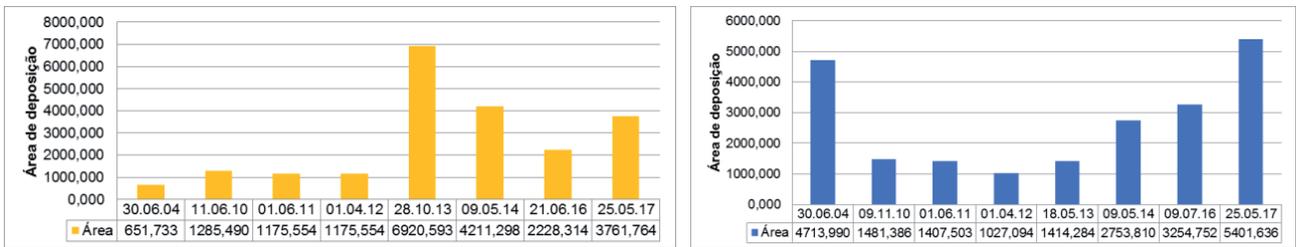
Áreas de descarte no ponto 18 e no ponto 22



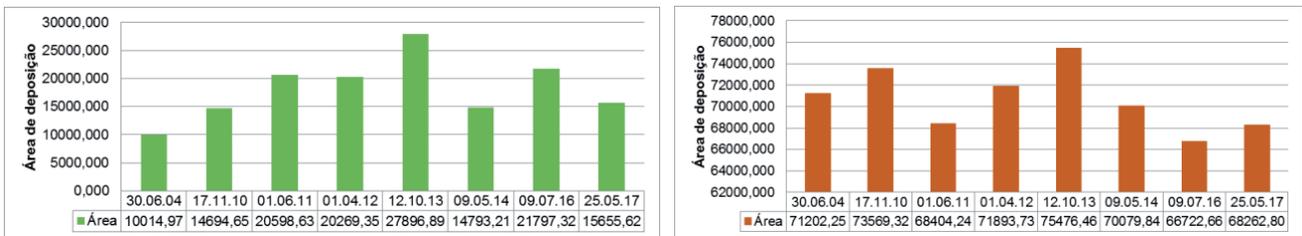
Áreas de descarte no ponto 26 e no ponto 32



Áreas de descarte no ponto 40 e no ponto 68



Áreas de descarte no ponto 70 e no ponto 71



Áreas de descarte no ponto 77

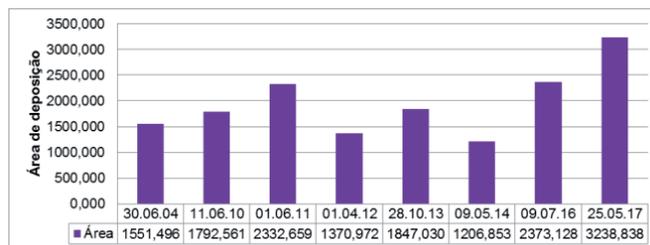


Figura 6. Gráficos de evolução das áreas com descarte (m²) nos pontos estudados de 2004 a 2017. Fonte: Autor, 2018.

4.3 Dificuldades encontradas

A utilização de imagens históricas dos satélites Digital Globe, CNES / Airbus e SPOT/ NASA obtidas na plataforma Google Earth Pro© gera algumas imprecisões na análise dos depósitos estu-

dados. Entre elas está a falta de imagens entre os anos de 2004 e 2010, assim como o ano de 2015. A adequação das imagens com suas coordenadas dentro do Arcgis, além da precisão existente nas próprias imagens, também podem gerar áreas diferentes das apresentadas realmente. Em etapa

futura das investigações serão buscadas imagens aéreas de detalhe destes períodos não observados.

Outro aspecto importante é que os polígonos são feitos de acordo com os resíduos encontrados na imagem, não sendo possível através desse método analisar a composição dos solos abaixo da camada superficial, sendo, portanto, indicativo de área ocupada por um maior volume de resíduos nas datas das respectivas imagens.

Originalmente, a equipe de pesquisa decidiu tratar a evolução dos resíduos de acordo com o volume ocupado pelos depósitos em cada tempo. Porém, devido à dificuldade de se obter tais volumes, ainda mais avaliar a evolução desde os primeiros depósitos, levou a analisar os locais através das áreas de deposição existentes.

Há imprecisões geradas também pela presença de cobertura vegetal sobre os resíduos. Observou-se em todas as áreas o crescimento de vegetação herbácea e arbustiva, notadamente mamona (*Ricinus communis* L) e margaridão (*Tithonia diversifolia*), de crescimento rápido mesmo em meio aos resíduos, podendo mascarar-los nas imagens.

5 CONCLUSÕES

Analisando-se as áreas estudadas através da sua caracterização, percebe-se que grande parte está localizada em Áreas de Proteção Permanente, sendo em sua maioria sobre solos arenosos com alta fragilidade, obtendo-se assim um impacto ainda maior sobre os lençóis freáticos próximos e os cursos d'água.

Através das imagens apresentadas e do quadro de áreas dos locais estudados percebe-se que há uma grande variação da área abrangida pelos resíduos existentes nos locais ao longo do tempo. Também é importante destacar que a falta de informações entre o período de 2004 e 2010, assim como 2015, fazem com que a evolução histórica das áreas tenha lacunas de tempo das quais não foi possível adquirir informações para o estudo em questão. Estão sendo buscadas imagens de detalhe em outras bases para uma melhor observação desta dinâmica.

Os gráficos gerados permitem observar, juntamente à avaliação da sobreposição de limites de áreas ocupadas nos diferentes anos, a dinâmica de

cada área quanto à sua utilização como depósito de resíduos.

Das áreas estudadas, o ponto 71 apresenta a maior área de deposição persistente e a maior porcentagem de persistência. Isso pode ter ocorrido porque este local funcionava como local de descarte próprio da prefeitura de São Carlos, porém, com o tempo a prefeitura parou de utilizar a área para tal fim, mas a deposição clandestina continuou. Esta área está sendo estudada em detalhe em relação às suas características geotécnicas.

Deve-se destacar também que os valores apresentados mostram que as áreas apresentam áreas de deposição bem discrepantes; isso se deve à própria configuração dos locais, que vão desde locais pequenos em extensão, como o ponto 68, até locais com grandes dimensões, como os pontos 71 e 18.

Por fim, o estudo das áreas de deposição ao longo do tempo, assim como o estudo das áreas mais persistentes demonstram que tal método é um bom indicador da evolução dos depósitos em questão, podendo indicar os locais de maior volume depositado. Também se observou que podem ser feitas avaliações dos dados apresentados como, por exemplo, o ano que apresentou maior deposição, o intervalo com maior variação do volume, entre outros indicativos da própria gestão de resíduos do município.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto de iniciação científica processo nº 2017/00717-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Departamento de Engenharia Civil da UFSCar pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

BEER, J.; PRICE, S.J., FORD, J.R. 3D modelling of geological and anthropogenic deposits at the World Heritage Site of Bryggen in Bergen, Norway. *Quaternary International*. 2012, Vol. 251, p.107-116.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Melhoria da gestão ambiental urbana no

- Brasil - BRA/OEA/08/001. *Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos*. Brasília, DF, 2010, 63p.
- GOMES, P.L.F. *Estudo do potencial de contaminação de solo e água subterrânea em áreas degradadas por resíduos de construção*. Relatório Final. Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, 2017.
- FORD, J. R.; PRICE, S.J.; COOPER, A.H.; WATERS, C.N. An assessment of lithostratigraphy for anthropogenic deposits. *Geological Society, London, Special Publications*, 2014, v.395; p55-89.
- GOMES, P.L.F. *Estudo de depósitos antropogênicos de resíduos de construção e demolição e seu potencial de contaminação de solo e água subterrânea*. Relatório Final. Iniciação Científica FAPESP. Departamento de Engenharia Civil - UFSCar. São Carlos, 2018.
- GOOGLE EARTH (2018) *Google Earth Pro*. Versão: 7.3.1.4507 (64-bit), Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2018.
- LUBERTI, G.M. Computation of modern anthropogenic-deposit thicknesses in urban areas: A case study in Rome, Italy. *The Anthropocene Review*. 2018, Vol. 5, no 1, p. 2-27
- MICELI, V.G.; MENEZES, D. B. *Estudo das áreas degradadas do município de São Carlos*. 22º CIC - UFSCar (11/2014). Resumo. *Anais: ...Eventos da UFSCar*. São Carlos: UFSCar, 2014. Vol. 10. 1p.
- MICELI, V.G. *Estudo das áreas degradadas do município de São Carlos*. Relatório final. Bolsa Jovens Talentos para a Ciência. Departamento de Engenharia Civil - UFSCar. São Carlos, 2014.
- MIRANDOLA, F. A., MACEDO, E. S. Proposta de classificação do tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamento (Technogenic classification proposal for use in landslide risk mapping). *Quaternary and Environmental Geosciences* (2014) 05(1):66-81
- NIZO, A.I. *Estudo das áreas degradadas do município de São Carlos*. Relatório final. Programa Jovens Talentos para a Ciência. Departamento de Engenharia Civil - UFSCar. São Carlos, 2016.
- OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. O Antropoceno e o Tecnógeno: implicações geocronológicas da ação geológica da humanidade. *Quaternary and Environmental Geosciences* 05(2):103-111, 2014.
- PELOGGIA, A.U.G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, Vol. 27, nº 3, p.257-268,1997.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS - PMSC. Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano. *Base municipal de ruas e bairros*. Arquivo digital. São Carlos-SP, 2013.
- TAME, C.; CUNDY, A.B.; ROYSE, K.R.; SMITH, M., MOLES, N.R. Three-dimensional geological modelling of anthropogenic deposits at small urban sites: A case study from Sheepcote Valley, Brighton, UK. *Journal of Environmental Management*, 2013, Vol.129, p. 628-634.
- VALENTE, L.N. *Depósitos irregulares de resíduos de construção civil: da degradação ambiental à contaminação e formação de depósito tecnogênico*. Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Civil - UFSCar. São Carlos, 2015.
- VALENTE, L.N.; GOMES, P.L.F.; MENEZES, D.B. Potencial contaminante de depósitos tecnogênicos de resíduos de construção no município de São Carlos. *Anais...SINGEURB 2017*. PPGEU/UFSCar. São Carlos, 2017, p. 26-38.