

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

FERRAMENTA ESPACIAL PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS: ELABORAÇÃO DE UMA METODOLOGIA QUALITATIVA PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE DESTINAÇÃO FINAL DE LODOS DE ETA E ETE

Rodrigo Custodio Urban¹

*Ricardo de Lima Isaac²

SPATIAL TOOL FOR WASTE MANAGEMENT: DEVELOPING A QUALITATIVE METHODOLOGY TO IDENTIFY FINAL DESTINATION AREAS FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT PLANTS SLUDGES

Recibido el 6 de julio de 2017; Aceptado el 16 de octubre de 2018

Abstract

Disposal of water treatment plants (WTP) and wastewater treatment plants (WWTP) major residuals, i.e., sludges, become an increasing problem in highly urbanized regions. Supply and demand imbalance between landfills and urban and industrial solid wastes has driven regional market prices up. Also legal restrictions based on sustainability push water companies to find beneficial use markets. A GIS-based qualitative methodology to manage sludge final destination selection was firstly proposed. An emblematic highly urbanized and industrialized region in southeastern Brazil, i.e., the watersheds of Piracicaba, Capivari and Jundiá (PCJ) rivers, was chosen as a case study. Environmentally appropriate destination of general solid wastes challenges 76 municipalities, counting 100 WTP and 116 WWTP sludge sources. The best final destinations assumed to WTP and WWTP sludges were, respectively, incorporation into ceramic materials and disposal in sugar-cane crop areas. Circle areas of 10 km-radius around georeferenced treatment plants (buffers) were created and thus analysed in two ways. The first analysis superimposed buffers to identify areas with higher sludge generation. The second analysis clustered neighboring treatment plants and suggested joint actions for sludge management. GIS-based methodology merged to multicriteria analysis or operational research may be applied for more complex scenarios showing multiple sources and destinations points and areas.

Keywords: Sewage sludge, water treatment sludge, geographic information system, sludge final destination, ceramic industries.

¹ Faculdade de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Brasil.

² Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil

*Autor correspondente: Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Av. Albert Einstein, 951 – Campinas, SP. 13083-852. Brasil. Email: isaac@fec.unicamp.br

Resumo

A disposição dos principais resíduos (lodos) de estações de tratamento de água (ETA) e estações de tratamento de esgoto (ETE) é um problema crescente em regiões altamente urbanizadas. O desequilíbrio da oferta e demanda entre aterros sanitários e resíduos sólidos urbanos e industriais elevou os preços do mercado regional. Por outro lado, as restrições legais baseadas na sustentabilidade direcionam as empresas de saneamento a encontrar mercados de uso benéfico. Uma metodologia qualitativa, baseada em SIG, para gerenciar a seleção de destino final de lodo é inicialmente proposta. Uma região altamente urbanizada e industrializada no sudeste do Brasil, as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), foi escolhida como estudo de caso. O destino ambientalmente apropriado de resíduos sólidos de saneamento desafia 76 municípios, e cerca de 100 ETA e 116 ETE fontes de lodo. Os melhores destinos finais assumidos para os lodos de ETA e ETE foram, respectivamente, incorporação em materiais cerâmicos e disposição em áreas de plantação de cana-de-açúcar. Foram criadas áreas circulares de 10 km de raio em torno das estações de tratamento georeferenciadas (*buffers*) e posteriormente analisadas de duas maneiras. Na primeira análise os *buffers* foram sobrepostos para identificar áreas com maior geração de lodo. Na segunda análise as estações de tratamento vizinhas foram agrupadas e foram sugeridas ações conjuntas para o gerenciamento de lodo. A metodologia qualitativa baseada em SIG aqui proposta, combinada com análise multicritério ou pesquisa operacional, também pode ser aplicada para cenários mais complexos que apresentem múltiplas fontes e pontos e áreas de destino.

Palavras chave: lodo de esgoto, sistema de informação geográfica, destinação final de lodo, indústria cerâmica.

Introdução

Processos físico-químicos ou biológicos aplicados à produção de água potável e ao tratamento de esgotos geram resíduos, principalmente na forma de lodo líquido ou semi-sólido (Owen, 2002; Von Sperling e Andreoli, 2007). Esse material era frequentemente descartado (direta ou indiretamente) em cursos d'água. Entretanto, com a crescente preocupação ambiental e evolução da legislação, a destinação adequada do lodo se torna uma das tarefas mais urgentes das empresas de saneamento.

Especificamente no Brasil, o lodo de estações de tratamento de água (ETA) e estações de tratamento de esgoto (ETE) é considerado um resíduo sólido, e por isso está ligado às determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Com base nessa lei os resíduos sólidos devem ter critérios específicos de gerenciamento, e a sua destinação deve ser, preferencialmente, benéfica, ou seja, os resíduos devem ser encaminhados para reaproveitamento ou reciclagem.

Diante do cenário apresentado, pesquisas atuais buscam alternativas técnicas para a destinação adequada dos lodos de ETA e ETE. As características dos lodos são diferentes e influenciam os possíveis processos que podem incorporá-los. O lodo de ETA é basicamente resultado de processos físico-químicos, e contém minerais e substâncias húmicas da água bruta e produtos químicos adicionados (coagulantes e auxiliares de coagulação) (Owen, 2002). Já o lodo de ETE é um material oriundo do tratamento biológico do esgoto, que pode conter componentes

semelhantes aos encontrados em lodo de ETA, além de metais, patógenos, contaminantes orgânicos e outros possíveis contaminantes (Von Sperling e Andreoli, 2007).

Diante das diferenças entre os lodos de ETA e ETE, os seus usos benéficos são estudados separadamente. Os lodos de ETA podem ser utilizados em processos de produção de tijolos cerâmicos, blocos de concreto não estruturais, cimento, em pavimentação, recuperação de áreas degradadas, condicionamento de solo, silvicultura, co-compostagem e em solo agrícola, entre outras aplicações (Babatunde e Zhao, 2007; Silva *et al.*, 2015).

Já o lodo de ETE tem aplicação mais restrita, devido ao seu caráter de risco biológico. Por isso deve seguir normas e regras para o seu uso benéfico (Hespanhol, 2014). O uso benéfico mais estudado e indicado é o uso agrícola, devido ao seu teor de matéria orgânica (Andreol *et al.*, 2007). Entretanto, outros usos benéficos são possíveis, desde que tomadas as devidas precauções, como: controle de erosão, fabricação de materiais de construção, pavimentação e cobertura de aterros sanitários (Beecher, 2008).

Além da dificuldade da definição de um uso benéfico para o lodo de ETA e ETE, que seja compatível com a qualidade do lodo gerado, os aspectos logísticos também podem influenciar a tomada de decisão dos gestores. A proximidade pode ser um fator determinante para seleção de locais receptores e para decisão de gerir o lodo individualmente ou em conjunto com outras estações de tratamento. Os sistemas de informação geográfica são importantes ferramentas para auxiliarem a tomada de decisão. Metodologias que usem os dados espacializados são necessárias e úteis para auxiliar no gerenciamento do lodo (Albuquerque *et al.*, 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia para o gerenciamento de lodo de ETA e ETE, visando sua utilização benéfica, baseada em sistemas de informações geográficas e considerando as distâncias entre as estações de tratamento e potenciais receptores de lodo.

Metodologia

Seleção das áreas de destinação do lodo gerado

A seleção de formas de destinação final de lodos de ETA e ETE deve considerar as características socioeconômicas e ambientais da área de estudo. Estudos específicos de cada estação de tratamento devem ser realizados, para selecionar a melhor opção local (Babatunde e Zhao, 2007; Urban e Isaac, 2016).

Para viabilizar a gestão compartilhada do lodo das estações, é interessante considerar opções regionais mais viáveis para a destinação do resíduo. No desenvolvimento da presente

metodologia serão consideradas as opções apontadas em um estudo encomendado pelo órgão de gerenciamento das bacias PCJ (Biociclo, 2012).

A destinação final considerada pra o lodo de ETA convencionais foi a incorporação em tijolos cerâmicos, devido à presença de diversas indústrias cerâmicas na região. Além disso, a viabilidade técnica, econômica e ambiental dessa solução já foi confirmada (Isaac *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2015). A grande quantidade de argila vermelha processada nas indústrias cerâmicas deve permitir a recepção dos lodos de hidróxidos de alumínio e ferro de todas as estações de tratamento das Bacias PCJ.

No que diz respeito ao lodo de ETE, o uso em solos agrícolas é indicado para as bacias PCJ. O uso em áreas de cana de açúcar e o uso em reflorestamento foram considerados viáveis no estudo técnico encomendado pelo Comitê das bacias PCJ (Biociclo, 2012) e por Urban e Isaac (2016). O uso em solos com plantação de cana de açúcar foi selecionado, em detrimento ao solo de reflorestamento, devido às maiores áreas ocupadas nas bacias PCJ (Urban e Isaac, 2016).

Dados e SIG

Para o trabalho foram utilizados variados dados tabulares e cartográficos: localização e identificação de cada indústria cerâmica (JUCCESP, 2014); localização e dados de cada ETA e ETE (Biociclo, 2012); localização de rodovias que cortam a área de estudo (Agência PCJ, 2013); uso do solo da área de estudo (Agência PCJ, 2013); limites municipais da área de estudo (Agência PCJ, 2013).

Todo o conteúdo foi carregado em SIG (QGIS 2.6©) e a localização das cerâmicas foi confirmada no *website* Google Maps©.

Os dados foram inicialmente preparados para a metodologia qualitativa conforme os passos descritos na Figura 1. As “áreas de influência” ao redor das estações de tratamento foram criadas a partir de *buffers* de 10km de raio, após comparação com *buffers* de diferentes distâncias (1, 5, 10, 25, 50, 100km). O raio de 10km foi o que possibilitou a formação de um número viável de grupos de estações de tratamentos, em locais de características semelhantes.

A estimativa de lodo gerado em cada estação de tratamento foi obtida na pesquisa regional feita por Biociclo (2012). Como muitas estações não tinham bancos de dados atualizados, Biociclo (2012) empregou estimativas semi-empíricas para determinação da quantidade de lodo gerado. Todos os dados foram convertidos para a mesma unidade, toneladas de sólidos totais por dia ($t \cdot ST \cdot dia^{-1}$), considerando 20% de sólidos na torta após o tratamento (adensamento e desaguamento).

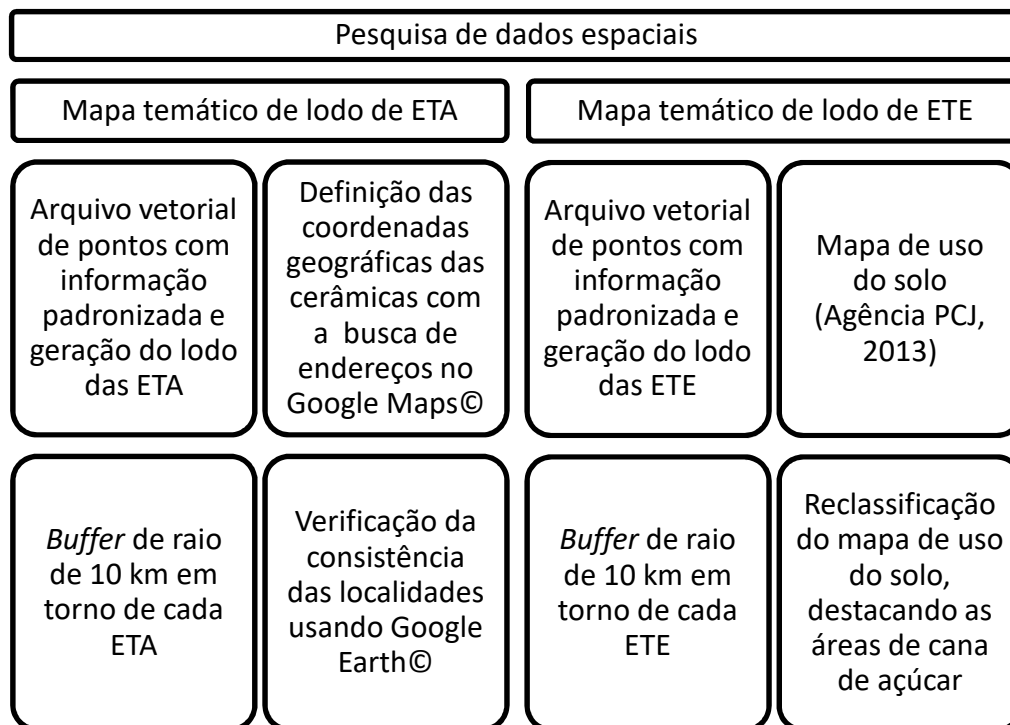


Figura 1. Passos iniciais da metodologia proposta para o gerenciamento de lodo de ETA e ETE

Após os primeiros procedimentos, uma análise individual foi realizada para cada mapa temático gerado. A análise qualitativa resultou na criação de áreas de produção de lodo, considerando a proximidade entre as estações de tratamento, objetivando identificar possíveis agrupamentos que deem suporte às ações de gerenciamento conjunto e também identificar as estações localizadas em áreas mais isoladas. A determinação das áreas foi realizada a partir da sobreposição dos *buffers* originais e conhecimento prévio da área.

Para avaliar a relação entre os diferentes tipos de tratamento, as áreas estabelecidas e a geração de lodo de cada estação de tratamento, foram executadas Análises de Correspondência Múltipla (ACM). A ACM é uma análise estatística multivariada indicada para variáveis explicativas categóricas (Abdi e Valentin, 2007). Para ACM a produção de lodo das áreas de estações de tratamento agrupadas foi dividida em 5 categorias: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

Resultados e discussão

Mapa temático de lodo de ETA

Apesar da existência de grandes cidades nas bacias PCJ, a maior parte das ETA (74.5%) gera menos de 20 t·ST·dia⁻¹ de lodo. Apenas 4.5% das ETA geram acima de 80 t·ST·dia⁻¹. Este é um dado

importante, pois evidencia o potencial de gerenciamento conjunto do lodo de ETA gerado nas bacias.

Para uma melhor visualização das “áreas de influência” de produção de lodo de ETA e potenciais opções para a recepção do material, um mapa temático foi elaborado (Figura 2). Este mapa divide as principais áreas geradoras de lodo por proximidade e características regionais.

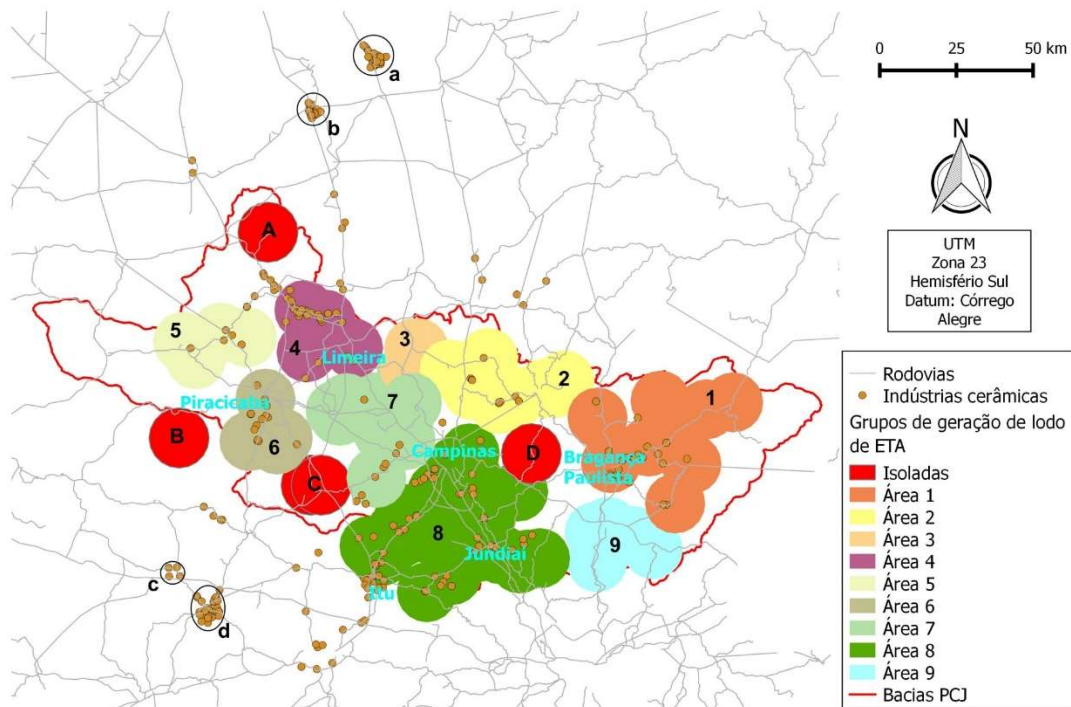


Figura 2. Mapa de áreas de gerenciamento de lodo de ETA e indústrias cerâmicas nas bacias PCJ e ao redor.

As indústrias cerâmicas são distribuídas em “centros” próximos às áreas de extração de argila e principais rodovias, para permitir o escoamento da produção. Essas características facilitam a adoção dessas indústrias como destino final do lodo de ETA.

A área com maior geração de lodo, acima de $185 \text{ t} \cdot \text{ST} \cdot \text{dia}^{-1}$, é localizada na região central das bacias PCJ. Essa área contém a região metropolitana de Campinas, importante região industrial e comercial brasileira. Baseado nos dados apresentados, as outras regiões das bacias PCJ geram, predominantemente, $22 \text{ t} \cdot \text{ST} \cdot \text{dia}^{-1}$.

As bacias PCJ foram divididas em 9 áreas e 4 estações isoladas, considerando o *buffer* de 10km ao redor de cada estação. Na tabela 1 as características comuns de cada área são apresentadas. Essas características incluem a produção de lodo de todas as estações dentro da área estabelecida, a quantidade de estações e sua classificação como convencional ou compacta. A análise de correspondência múltipla não apresentou relações relevantes, pois a quantidade de lodo varia de estação para estação, de acordo com a taxa de fluxo, qualidade da água, dosagens de produtos químicos e eficiência do processo. As características do tratamento de lodo não foram consideradas, pois podem ser modificadas em função da destinação final proposta para uma estação de tratamento. Inicialmente o transporte de lodo pode ser feito pelas rodovias, mas pode-se considerar a possibilidade de construção de dutos de transporte (Miyanoshita *et al.*, 2009).

Tabla 1. Informação quantitativa das áreas de gerenciamento de lodo propostas.

Área	Número de ETA	ETA convencional	ETA compacta	Geração de lodo (t-ST·dia ⁻¹)
1	10	5	5	24.96
2	10	8	2	37.02
3	4	3	1	22.22
4	4	4	0	92.64
5	4	4	0	27.67
6	6	5	1	113.14
7	12	12	0	303.56
8	26	21	5	663.67
9	5	3	2	33.38
Isolada A	2	1	1	4.19
Isolada B	1	0	1	0.84
Isolada C	1	1	0	0.81
Isolada D	1	1	0	52.68

A análise combinada da Tabela 1 e da Figura 2 demonstra que a área 8 tem a maior produção, o maior número de ETA e abrange a região metropolitana de Campinas. Essa área é importante economicamente para o Brasil, e contém um grande aeroporto, a maior refinaria da América Latina, além de importante produção industrial e tecnológica. Algumas indústrias cerâmicas estão distribuídas por essa área e existe um “centro ceramista” ao sul das Bacias PCJ. Eventualmente, a área 8 pode ser dividida, caso haja a necessidade de se obter otimização do processo de gerenciamento.

Dependendo da quantidade de lodo gerado, as empresas de saneamento podem ter maior poder de negociação para a destinação de resíduos sob uma gestão conjunta. Por outro lado, a gestão conjunta pode ter dificuldades em encontrar indústrias cerâmicas que aceitem todo o montante de lodo gerado. Por isso, é importante procurar destinos alternativos para as áreas propostas de gestão conjunta. Considerando a concorrência de mercado, as maiores ETA podem não ter interesse em aderir a um consórcio.

Entre as outras áreas, destacam-se aquelas numeradas como 2, 5 e 9, pela ausência ou pequena quantidade de cerâmicas inseridas na área. A baixa produção de lodo das estações nessas áreas (em torno de $30 \text{ t}\cdot\text{ST}\cdot\text{dia}^{-1}$) causa dificuldades no transporte para indústrias cerâmicas mais remotas, por elevar os custos relativos. Assim, para estas áreas, pode ser necessário estocar o material até se obter uma quantidade viável para ser enviada. Os custos operacionais e a exigência de qualidade do lodo também devem ser levados em consideração. As estações isoladas tem o mesmo problema. A situação das estações isoladas A e D merece atenção devido à distância geográfica para as outras estações.

Por fim, os círculos indicados pelas letras a, b, c, d na Figura 2 representam “centros ceramistas” identificados em áreas externas, mais distantes das bacias PCJ. Esses “centros” podem ser considerados destinos para o lodo, em caso de ausência de alternativas mais próximas. Esses “centros” são conectados com as ETA do estudo por meio de estrutura viária identificada e visualizada também na Figura 2.

Mapa temático de lodo de ETE

Semelhante o que foi apresentado para as ETA das bacias PCJ, a maior parte de suas ETE (83%) gera menos que $6 \text{ t}\cdot\text{ST}\cdot\text{dia}^{-1}$. Apenas 6% das ETE tem produção de lodo maior que $24 \text{ t}\cdot\text{ST}\cdot\text{dia}^{-1}$. Diversos tipos de tratamento de esgoto são usados nas bacias PCJ, com destaque para: Lodo Ativado (29.5%), UASB (18%) e Tanques Sépticos (com ou sem filtros) (15.5%).

A principal diferença para o mapa temático de lodo de ETA foi a identificação das áreas potenciais de recepção de lodo. No caso das indústrias cerâmicas estas áreas eram, na representação do SIG, vetores pontuais. No caso das plantações de cana de açúcar foram utilizados polígonos, pois é mais lógico devido às características agrícolas.

No mapa temático de lodo de ETE (Figura 3) as estações foram divididas em áreas baseadas no *buffer* de raio de 10km por local. Estas áreas foram indicadas para auxiliar as operações de gerenciamento. A separação foi mais simples que a realizada para as ETA (Figura 2), devido às características poligonais da área de recepção. As estações foram reunidas em três áreas e nenhuma estação isolada foi identificada (uma planta mais distante está próxima à área de cana de açúcar, então não foi considerado isolamento).

A análise visual do mapa indica que a área 1 está totalmente inserida na área de cultivo de cana de açúcar. A área 2 está próxima e a área 3 mais distante. Segundo a ordem da numeração das áreas, a geração de total de lodo de cada uma é: 211.84, 208.78 e 7.19 t-ST-dia⁻¹. O número de estações de cada área é, respectivamente, 66, 20 e 9. Mesmo considerando apenas as áreas com solo apto à recepção do lodo de esgoto (Urban e Isaac, 2016), as características se mantêm.

A geração da área 2 é semelhante à área 1, mesmo tendo um número menor de estações. Como sugestão de gerenciamento, a área 1 pode enviar todo seu lodo para uso na áreas de cultivo de cana de açúcar, enquanto a área 2 necessita de outras possíveis soluções, para o caso da demanda não ser atendida. A área 3 encontra-se em situação mais delicada por gerar pouco e as estações estarem mais distantes da área de cana de açúcar. A solução para a área 3 pode ser a busca individual de áreas de reflorestamento próximas às ETE e que aceitem receber o material. A gestão conjunta não é necessariamente a melhor opção para a área 3. Entretanto, se o gestor de uma estação de tratamento escolher o gerenciamento conjunto, pode usar um modelo diferente para identificar as melhores áreas para um centro de armazenamento. Albuquerque *et al.* (2015) desenvolveram um metodologia usando SIG e ferramentas multicritério para auxiliar a seleção de locais para o reuso de lodo de esgoto. Os critérios técnicos e ambientais podem ser integrados à metodologia aqui apresentada.

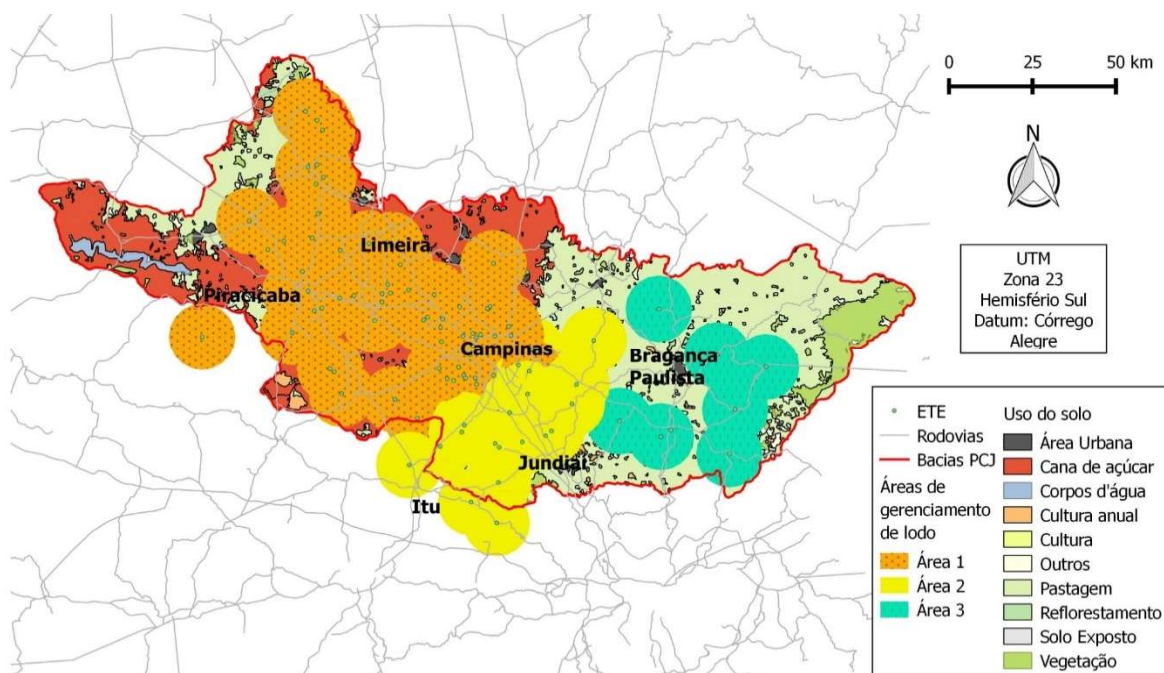


Figura 3. Mapa de áreas de geração de lodo de ETE e uso do solo nas Bacias PCJ.

Para melhor entender as características de cada área estabelecida, foi feita uma análise de correspondência múltipla, com o resultado apresentado na Figura 4. Também foi determinada a porcentagem de ETA de cada área em relação à produção de lodo (Figura 5). A produção de lodo foi dividida em cinco categorias, divididas igualmente em intervalos de 6 t-ST·dia⁻¹.

É possível observar no gráfico *biplot* da ACM (Figura 4) as relações das três áreas estabelecidas. As áreas 1 e 3 tem características semelhantes, com diversos tipos de tratamento e produção de lodo considerada “muito baixa”. A produção de lodo pode ser confirmada no gráfico da Figura 5, em que a produção “muito baixa” corresponde a 100% das ETE da área 3 e mais de 90% das ETE da área 1.

A área 2 tem características diferentes. Com a produção de lodo apresentando melhor distribuição entre “muito baixa”, “média” e “alta”. A localização dessa área ajuda a explicar essa diferença. A parte central da bacia PCJ tem a característica industrial e populacional diferenciada, relatada na análise do mapa temático do lodo de ETA.

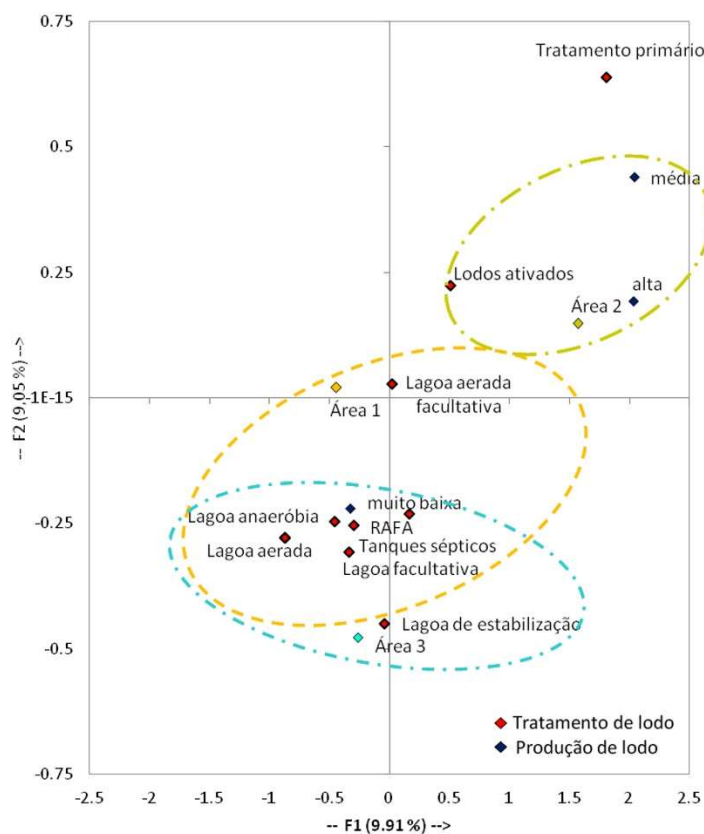


Figura 4. Resultado da análise de correspondência múltipla entre as áreas, tecnologias de tratamento de esgoto e produção de lodo de esgoto nas bacias PCJ.

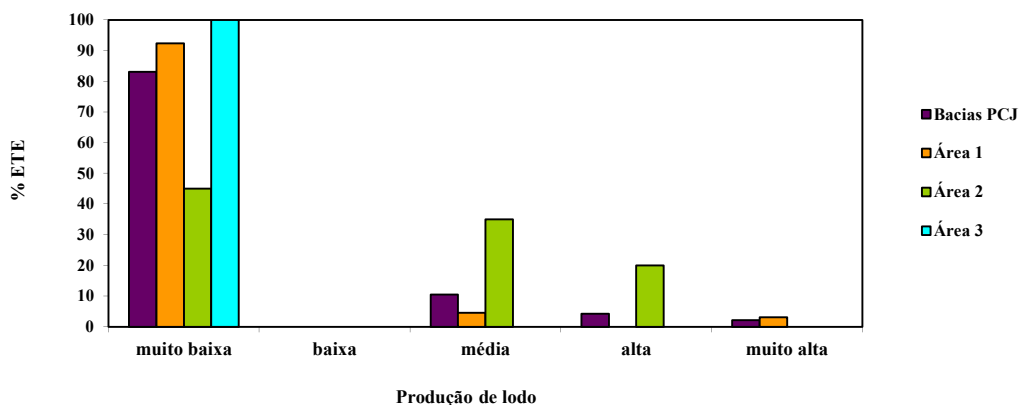


Figura 5. Gráfico da quantidade de ETE em função da produção de lodo separado por áreas.

A ACM também indica que o processo de lodos ativados gera mais lodo do que o RAFA (UASB) e outros destacados. Isso pode ser confirmado em estudos de Von Sperling e Gonçalves (2007), e ajuda a validar e confirmar a utilidade da ACM.

Embora a localização geográfica ajude o gerenciamento, a disposição de lodo de esgoto em solos agrícolas tem outras complicações. Além da legislação restritiva (que visa, corretamente, proteger o ambiente e a saúde pública), existe alguma resistência pela comunidade rural. Um documento das European Communities (2001) apresenta algumas restrições indicadas em pesquisa com os *stakeholders*: perda de mercado e queda no lucro devido às exigências de qualidade ou restrição da utilização do lodo de esgoto pelos consumidores; preocupação com a segurança alimentar; odores causados pelo uso do lodo no solo, entre outros.

Conclusões

A metodologia sugerida neste trabalho mostrou-se eficiente para auxiliar na tomada de decisão do gerenciamento conjunto ou individual de lodo de ETA e ETE. A metodologia qualitativa pode ser adaptada e aplicada em outros lugares e com diferentes destinações.

O estudo identificou maiores dificuldades para a destinação do lodo gerado nas ETA e ETE do Leste da bacia PCJ, pois a geração destas bacias é pequena e elas estão distantes dos locais de destinação pré-definidos. É importante que sejam feitos estudos de viabilidade econômica para essas estações, considerando outras possibilidades de destinação, com ou sem o gerenciamento conjunto. Isso demonstra a importância deste estudo, pois as soluções pré-definidas não são necessariamente as melhores para todas as estações.

Recomenda-se que sejam realizados futuros estudos que determinem a viabilidade econômica de cada opção de destinação final, auxiliando a tomada de decisão individual das estações de tratamento. Também sugere-se um estudo espacializado quantitativo, para determinar a quantidade de lodo que pode ir para cada destinação selecionada, otimizando o gerenciamento de lodo da bacia PCJ. Para isso é importante que as estações tenham uma base de dados organizada, da quantidade de lodo gerada e produtos usados no tratamento.

Referencias bibliográficas

- Abdi, H., Valentin, D. (2007) Multiple Correspondence Analysis. In Salkind, N. (Ed.), *Encyclopedia of Measurement and Statistics*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.
- Agência PCJ (2013) *SIG PCJ – Geographic Information System of watershed PCJ*. Acesso em 15 de agosto de 2013, disponível em: <https://sig.agenciapcj.org.br:9083/k2gisapp/map>
- Albuquerque, A., Scalize, P.S., Ferreira, N.C., Silva, F. (2015) Multi-criteria analysis for site selection for the reuse of reclaimed water and biosolids, *Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **10**(1), 22-34. doi: 10.4136/ambi-agua.1550
- Andreoli, C.V., Pegorini, E.S., Fernandes, F. (2007) Land application of sewage sludge. In Andreoli, C., von Sperling, M., Fernandes, F. (Eds.), *Sludge Treatment and Disposal*, IWA Publishing, London, 162-206.
- Babatunde, A. e Zhao, Y. (2007) Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial reuses, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **37**(2), 129-164. doi: 10.1080/10643380600776239
- Beecher, N. (2008) Overview: moving forward the sustainable and welcome uses a global resource. In LeBlanc, R.J., Matthews, P., Richard, R.P. (Eds.), *Global atlas of excreta, wastewater sludge, and biosolids management: moving forward the sustainable and welcome uses a global resource*, UN-HABITAT, Nairobi, 15-84.
- Biociclo (2012) *Estudo de Viabilidade para Instalação e Operação de Centrais de Tratamento de Lodo na bacia do PCJ*, Reporte Final Consórcio PCJ/GTLodo, 183pp.
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2010) *Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 03 de agosto de 2010.
- COBRAPE, Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (2011) *Plano das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020 – relatório final*, Cobrape, São Paulo, 815pp.
- European Communities, (2001) *Disposal and recycling routes for sewage sludge: Part 1 – Sludge use acceptance report*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg – LU, 2001.
- Hespanhol, I. (2014) Normas Anormais, *Revista DAE*, **64**(194), 6-23. doi: 10.4322/dae.2014.001
- Isaac, R.L., Morita, D.M., Luvizzotto Jr., E., Ferrão, A.M. (2002) Use of dewatered sludge in building construction components, em *Proceedings of Management of Wastes from Drinking Water Treatment*, London.
- JUCESP, Junta Comercial do Estado de São Paulo (2014) *JUCESP on line*. Acesso em 03 de maio de 2014, disponível em: <https://www.jucesponline.sp.gov.br/pesquisa.aspx>
- Miyanoshta, T., Oda, N., Hayashi, N., Fujiwara, M., Furumai, H. (2009) Economic evaluation of combined treatment for sludge from drinking water and sewage treatment plants in Japan, *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua*, **58**(3), 221-227.
- Owen, P. (2002) Water-treatment works' sludge management, *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, **16**(4), 282-285. doi: 10.1111/j.1747-6593.2002.tb00417.x

- Silva, E.M., Morita, D.M., Lima, A.C.M., Teixeira, L.G. (2015) Manufacturing of ceramic bricks with polyaluminum chloride (PAC) sludge from water treatment plant, *Water Science and Technology*, **71**(11), 1638-1645. doi: 10.2166/wst.2015.132
- Urban, R.C. e Isaac, R.L. (2016) Land feasibility map for sewage sludge application: watershed of the Piracicaba, Capivari and Jundiá Rivers - Brazil, *Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **11**(1), 125-134. doi: 10.4136/ambi-agua.1714
- Von Sperling, M. e Fernandes, F. (2007) Introduction to sludge management. In Andreoli, C., Von Sperling, M., Fernandes, F. (Eds.), *Sludge Treatment and Disposal*, IWA Publishing, London, 1-3.
- Von Sperling, M. e Gonçalves, R.F. (2007) Sludge characteristics and production. In Andreoli, C., Von Sperling, M., Fernandes, F. (Eds.), *Sludge Treatment and Disposal*, IWA Publishing, London, 4-30.