

Uso do SIG como suporte à definição da localização de pontos de entrega voluntária de resíduos de construção e demolição.

RESUMO

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam a maior parcela dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), prevê a implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) em todos os municípios para atender pequenos geradores de resíduos (BRASIL, 2010). Este artigo tem como objetivo propor um modelo de apoio à definição da localização dos PEV nos municípios. O trabalho partiu da aplicação de questionário Delphi a um grupo de especialistas no tema. Com os resultados, foram definidas a quantidade necessária e as variáveis utilizadas para sua localização. O modelo foi criado com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O resultado foi um mapa de localização da rede de PEV distribuída na área urbana do município de Ponta Grossa, Paraná. O modelo se mostrou eficiente, pois utiliza dados espaciais de fácil acesso, tecnologia consolidada e aplicação simples, podendo ser empregado em outros municípios do país.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção e Demolição. Pontos de Entrega Voluntária. Sistema de Informação Geográfica.

Lúcio Marcos de Geus

lmgeus@hotmail.com

Universidade Estadual de Ponta Grossa – Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Edilberto Nunes de Moura

edilberto.moura@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Curitiba, Paraná, Brasil.

Carlos Mello Garcias

carlos.garcias@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Curitiba, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

De acordo com informações do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2011), as atividades realizadas pelo setor da construção civil são responsáveis pelo consumo de mais de um terço dos recursos do planeta e geram, aproximadamente, 40% dos resíduos sólidos mundiais.

No Brasil, da massa total dos resíduos sólidos urbanos, os RCD representam 61% (com exceção da movimentação de solo), enquanto que, os domiciliares, nos quais estão incluídos resíduos de comércio e serviços, varrição etc. representam 28%. Dos 11% restantes fazem parte os "outros", que são resíduos dos serviços de saúde e os resíduos volumosos (podas, móveis e inservíveis) (BRASIL, 2010).

O marco legal de maior relevância para o gerenciamento dos RCD é a Resolução Conama nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (BRASIL, 2002).

Na Resolução, os resíduos de construção civil são diferenciados em quatro classes, denominadas A, B, C e D. Essa classificação determina a forma segundo a qual os resíduos devem ser separados, preferencialmente no local onde foram gerados, e considera as possibilidades de valorização e disposição ambientalmente correta (CARELI, 2008).

A Resolução 307 também definiu diretrizes para que os municípios desenvolvessem e implementassem políticas para a gestão dos resíduos de construção civil. Portanto, cabe aos municípios a responsabilidade de elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, que é o instrumento para a implementação da gestão dos RCD, que deverá estar em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Além disso, a Resolução trata das áreas que deverão ser destinadas para transbordo, triagem, reciclagem e disposição final dos resíduos que deverão passar pelo processo de licenciamento ambiental e serão fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes

Nos países mais desenvolvidos a preocupação com a produção e destinação de resíduos é evidente. Na União Europeia, a legislação que obriga a busca para a redução das quantidades geradas de resíduos de construção e demolição tem como base o ciclo de vida dos produtos (JRC-IES, 2011). Nos Estados Unidos os altos custos de destinação do RCD tornam o reaproveitamento e a reciclagem as opções mais adequadas na gestão destes resíduos (NYCG, 2013).

Hong Kong possui leis rigorosas, altos encargos financeiros para a disposição deste tipo de resíduo, além da boa conscientização da população. Isso tem levado à redução das grandes quantidades de RCD depositados em aterros. Entretanto, ainda faltam instalações de usinas de reciclagem para que haja um melhor aproveitamento dos resíduos (LU e YUAN, 2012).

Segundo Mália et al. (2011) o Reino Unido é um dos países que mais produz RCD dentro da União Europeia. Mas é também o que mais reaproveita esses materiais. Assim como na Dinamarca, isso é conseguido por meio de altas taxas para disposição de RCD em aterro e, além disso, altos impostos sobre os agregados

naturais. Isso estimula a substituição dos produtos naturais por produtos reciclados a partir de RCD.

Angulo (2014) aponta que os agentes informais representam um grande problema quando se trata de destinação do RCD no Brasil, pois os instrumentos legais para o controle de suas ações são pouco efetivos.

Riscado e Badejo (2010) afirmam que os pequenos geradores em obras informais ainda têm em seus hábitos o descarte destes resíduos à revelia, em locais de fácil acesso, causando problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. Para esses autores, um sistema eficiente de recolhimento do RCD, com envolvimento das prefeituras no dimensionamento e fiscalização de depósitos em pontos estratégicos do município, facilitaria a aplicação de bons hábitos entre a população envolvida e o processo de reciclagem desse resíduo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) está em vigor desde 2012 (BRASIL, 2012). Nessa lei está prevista, especificamente para o caso dos pequenos geradores de resíduos, a implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) em todos os municípios do território nacional. E, de acordo com a norma ABNT NBR 15112:2004, os PEV são áreas destinadas à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil e resíduos volumosos, sendo parte integrante do sistema público de limpeza urbana.

No caso da destinação de resíduos de construção civil sugere-se, nesse trabalho, que os PEV sejam locais atrativos aos pequenos geradores. Para isso, vários aspectos poderão ser considerados, como: os tipos e quantidades de resíduos a serem entregues, a facilidade de descarga, a burocracia para recebimento, os horários de funcionamento, o emprego de sistema de coleta agendada, entre outros. Entretanto, considera-se a localização adequada dos PEV um dos fatores de fundamental importância para facilitar o acesso dos pequenos geradores.

Nesse artigo é proposto o desenvolvimento de um modelo, baseado em Sistema de Informação Geográfica (SIG), de apoio para a definição da localização dos PEV nos municípios, e assim auxiliar a tarefa da distribuição desses pontos na área urbana e influir no sucesso da captação de RCD e de outros tipos de resíduos recicláveis.

De acordo com Justi (2006), modelo pode ser definido como a representação de uma ideia, um objeto, um processo ou um sistema, criado com um objetivo específico. Por outro lado, Batista et al. (2011) afirmam que um modelo utiliza de aproximações e estabelece condições viáveis e facilitadoras para se chegar a determinadas explicações, de modo que diferentes aspectos do mundo possam ser estudados e compreendidos por meio dessas aproximações.

Em relação ao uso do SIG, Conde (2010) considera que as possibilidades de aplicações desse sistema são praticamente ilimitadas. Estudos de impacto ambiental, planejamento territorial, uso do solo, dos recursos naturais, usos militares, obras e serviços públicos ou privados podem ser contemplados pelo SIG. Enquanto Longley (2013) afirma que os antigos problemas originados pela combinação de informações específicas com conhecimentos gerais são solucionados pelos SIG, que são ferramentas capazes de dar valor prático para ambos.

Segundo Mitchell (2012), modelos de adequação baseados em SIG incluem o emprego de camadas de dados (layers), que representam as características dos locais dentro da área de estudo. O que se busca é identificar locais que têm as características que atendam aos critérios que constituem um local adequado para o uso. Tais modelos podem ser usados para encontrar áreas suscetíveis a um evento, como incêndios, infestação de insetos, alagamentos ou deslizamento de terra. Da mesma forma, eles são utilizados para identificar áreas com características desejáveis.

Khila & Edwin (2014) também desenvolveram um modelo baseado em SIG, denominado *Parcel-Divider*. Trata-se de um conjunto de ferramentas para subdivisão automatizada de parcelas de terra. Os autores consideram que planejadores urbanos poderão usar o modelo como uma aplicação autônoma para visualizar cenários de arranjos de infraestrutura em áreas em crescimento da cidade.

A força e a interatividade das ferramentas SIG podem ajudar a tornar os processos de planejamento de cenários urbanos tecnicamente sólidos e inclusivos, sendo particularmente importantes no contexto do planejamento regional do uso da terra e do transporte, onde a persuasão da análise do planejamento é fundamental para superar os fracos mecanismos institucionais para a tomada de decisões (CHAKRABORTY & MCMILLAN, 2018).

Há uma necessidade de abordagens que permitam assegurar a tomada de decisão racional, minimizem os impactos ambientais e, ao mesmo tempo, aumentem a possibilidade de evitar a oposição pública. Nessa direção, o SIG baseado em análise de aptidão expande as abordagens tradicionais para a consideração dos diversos atributos e dos dados espaciais (DEMESOUKA et al, 2014). Durante as últimas três décadas, muitos estudos deste tipo foram realizados, por exemplo: relacionando localização de aterros de resíduos sólidos (DALMÁS, 2011), implantação de unidades de reciclagem (HOKKANEN & SALMINEN, 1997), localização de áreas industriais (RAMOS, 2000), entre outros.

Com o modelo aqui proposto, apresenta-se uma alternativa que facilite a implantação de uma rede de PEV a partir de dados e informações aproximadas e relevantes da área urbana de um município.

METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser classificado como pesquisa aplicada devido aos seus objetivos serem dirigidos para a geração de um instrumento com aplicabilidade prática, visando a busca da solução de problemas relacionados à gestão de RCD. O trabalho foi baseado em um estudo de caso sobre a cidade de Ponta Grossa, PR que, segundo Yin (2001) é uma estratégia de pesquisa empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real.

O desenvolvimento da pesquisa foi suportado por aplicação de questionário Delphi eletrônico, no período de fevereiro e março de 2015. Os estudos Delphi buscam coletar opiniões e dados fundamentados a partir de um método qualitativo/quantitativo a respeito de um problema complexo, com a finalidade de se chegar a um consenso (Oliveira et al., 2008).

O Método Delphi é baseado no princípio de que as previsões por um grupo estruturado de especialistas são mais precisas se comparadas às provenientes de grupos não estruturados ou individuais. De acordo com Gomes et al. (2002), o método foi desenvolvido pela *RAND Corporation* da Califórnia (EUA), e tal designação foi inspirada no oráculo de Delfos da Grécia antiga. O autor afirma que este método é reconhecido como um dos melhores instrumentos de previsão qualitativa e vem sendo aplicado em estudos de previsão tecnológica, administração, descrição de cenários futuros, planejamento estratégico e outros.

A elaboração do questionário submetido aos especialistas partiu da análise do gerenciamento do RCD no município de Ponta Grossa. O primeiro passo foi a elaboração de um diagnóstico da situação do município, seguindo diretrizes propostas por Pinto e Gonzáles (2005) no Manual intitulado “Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos de construção civil nos municípios”. Nessa etapa foram levantadas informações, junto à Prefeitura Municipal, relativas ao gerenciamento do RCD por parte dos geradores, as quantidades de RCD geradas no município, a classificação dos resíduos, o tipo de transporte, os locais de destinação, a reciclagem dos resíduos e o seu consumo.

No mesmo período, uma análise semelhante foi feita em municípios brasileiros que já possuem modelos de PEV adotados e em funcionamento. O objetivo foi caracterizar os modelos empregados, comparar com o modelo de Ponta Grossa e identificar as vantagens e desvantagens percebidas. Essa atividade foi feita pessoalmente com os responsáveis pelo gerenciamento destes pontos nas cidades de Londrina e Curitiba, e por meio de telefone e e-mail com os gestores de São Paulo e Belo Horizonte.

A partir de informações obtidas nas etapas anteriores foi elaborado, inicialmente, um questionário para ser aplicado em formato DELPHI eletrônico com um grupo de especialistas.

O grupo de entrevistados para essa pesquisa foi composto por 97 especialistas entre engenheiros, arquitetos, ambientalistas e gestores de resíduos de todo Brasil. A escolha desses profissionais foi baseada no local de trabalho, categorizado por órgão público ou privado, diretamente envolvidos ao tema do trabalho, sendo na pesquisa, fiscalização ou gestão.

Um aspecto importante a ser mencionado é que, se procurou selecionar profissionais atuando nos diversos níveis do setor público e privado (federais, estaduais e municipais) em diversos estados da federação. E assim, melhorar a representatividade da amostra.

Em uma primeira rodada de questionamentos, os especialistas deveriam se posicionar em relação ao PNRS, os tipos de resíduos que deveriam ser depositados nos PEV, os meios de transporte a serem adotados, a quantidade máxima de resíduos por PEV, o horário de funcionamento dessas unidades receptoras de resíduos, o número de PEV/habitante, a distância máxima a ser percorrida para a entrega dos resíduos e as características da localidade para abrigar os PEV.

Na segunda etapa os especialistas receberam informações a respeito dos resultados estatísticos das respostas da etapa inicial e, novas questões foram elaboradas visando uma maior convergência nos critérios a serem utilizados para determinação da quantidade de PEV e da seleção dos locais para implantação nos municípios.

As perguntas específicas eram relativas ao número de PEV/habitante, o raio de abrangência do PEV no município e as principais características da localização dos PEV (trânsito, relevo, características ambientais locais).

O objetivo da aplicação do questionário final era definir os critérios mais importantes para a localização dos PEV em uma área urbana e suas respectivas restrições. Os critérios estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios de escolha de locais para instalação de PEV definidos por especialistas na pesquisa DELPHI.

Critério	Porcentagem de respostas dos especialistas
Número de habitantes atendidos por PEV	86%
	25 mil hab.
Distância a percorrer até o PEV (raio de abrangência)	83%
	Raio 2,0 km
Declividade da via de acesso e/ou do local de instalação	97%
	< 12%
Tipo de via para a instalação de PEV	83%
	Baixo tráfego e acesso seguro
Faixas marginais de córregos e rios	100%
	Faixa de preservação permanente (30m a partir das margens dos cursos d'água)

Fonte: Pesquisa Delphi elaborada e aplicada pelos autores.

A etapa seguinte foi o uso do SIG na integração das variáveis provenientes dos critérios apontados e a definição dos locais de instalação dos PEV, através da utilização de métodos multicritério de localização espacial.

Rangel e Gomes (2010) consideram que os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MMAD) são ótimas ferramentas quando se deseja selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas em um processo decisório na presença de múltiplos critérios que podem ser tanto quantitativos, quanto qualitativos.

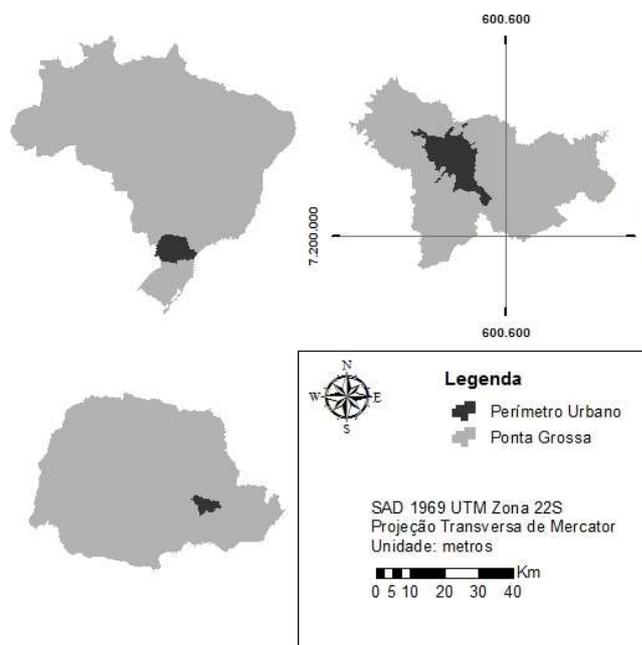
Os MMAD têm sido utilizados amplamente para localização geográfica de instalações que envolvem aspectos ambientais. Dantas (2003), por exemplo, empregou o sistema de apoio à decisão desenvolvido pela rede PROSAB (Programa de Pesquisas em Saneamento Básico) na escolha de sistemas de tratamento de esgoto doméstico para comunidades nucleadas pelo Exército brasileiro; Silva (2012) utilizou o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil; Silva et al. (2010) aplicaram a análise de decisão multicritério apoiada em Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a localização de indústria de esmagamento de soja; Zambon et al. (2005) recorreram a análise de decisão multicritério associada ao SIG na localização de usinas termoeletricas.

Apesar de extensa literatura relacionada a integração de MMAD e SIG para a seleção de locais destinados as mais diversas atividades, não foram encontrados trabalhos relacionados ao uso de tais recursos para escolha de PEV em municípios.

A cidade de Ponta Grossa (ver Figura 1) foi utilizada para a aplicação do presente estudo, pois se trata de um polo de desenvolvimento no Estado do Paraná. Possui dimensões de uma cidade de porte médio com uma área urbana de 199,2 km² (PMPG, 2014), população de aproximadamente 337.800 habitantes (IBGE, 2015), o que exigirá um número significativo de PEV. Apresenta ainda, uma

adequada malha viária, relevo irregular e uma boa infraestrutura de dados georreferenciados disponíveis, fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 1 - Localização e área urbana de Ponta Grossa.



Fonte: PMPG, 2015; modificado pelo autor com uso do SIG.

Este estudo aplicou abordagem de análise de adequação para estabelecer os PEV com base em cinco critérios geográficos mais significativos: proximidade espacial de vias de alto tráfego e de cursos d'água, zoneamento municipal, localização das áreas de preservação e relevo.

A análise consistiu em cinco etapas principais: determinação de critérios, determinação e preparação das camadas de entrada, classificação da restrição de cada camada, produção de mapa de restrição, mapa de adequação dos PEV e avaliação de saída de modelo.

A Tabela 2 apresenta os dados necessários para a criação do modelo, com suas respectivas fontes e as restrições estabelecidas para cada camada.

Tabela 2 - Fonte dos dados empregados nas camadas de restrições.

Camada	Restrição	Fonte de dados
Declividade	Declividades > 12%	Elaborado a partir de imagens <i>Raster</i> SRTM - <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> , com resolução espacial de 90 m (3 arc seg.) Obtidas na <i>webpage</i> da EMBRAPA (Miranda, 2005)
Zoneamento	Zona residencial 1 - ZR1 (condomínios)	Zoneamento disponibilizado em formato <i>shapefile</i> no <i>website</i> da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (PMPG).

Camada	Restrição	Fonte de dados
Parques	Áreas de preservação ambiental	Elaborado a partir de um dado em formato dwg (<i>drawing</i>) fornecido pela PMPG.
Faixas marginais de córregos e rios	Faixa de preservação permanente (30m a partir das margens dos cursos d'água)	Obtido em formato <i>shapefile</i> no <i>website</i> do Instituto das Águas do Paraná (AGUASPARANÁ, 2015). Camada criada em SIG com largura de 30 m (<i>buffer</i>), a partir de dados de hidrografia.
Vias de tráfego intenso	Evitar eixos viários, avenidas e ruas arteriais	Sistema viário disponibilizado em formato <i>shapefile</i> no <i>website</i> da PMPG. Camada criada em SIG com largura de 10 m (<i>buffer</i>), a partir de dados de vias.

Fonte: os autores

Os dados de hidrografia e sistema viário foram utilizados apenas para a produção das áreas de contorno (*buffer*) de 30 metros, definidas nas respectivas restrições. As camadas Parques e Zoneamento foram incluídas no modelo pois são particularidades da região de estudo onde não é permitida a instalação de PEV.

As imagens SRTM foram reprojatadas de WGS84 (*World Geodetic System 1984*) para SAD69 (*South American Datum 1969*) UTM (Universal Transversa de Mercator) zona 22S e recortadas nos limites da área urbana de Ponta Grossa. Por se tratar de um arquivo do tipo *Raster*, as imagens SRTM, originalmente não permitiam acesso aos seus atributos. Foram então transformadas em arquivo TIN (*Triangular Irregular Network*) e depois novamente para *Raster*, modificando os seus dados de saída com formato de número inteiro (int). Finalmente os arquivos *Raster* foram transformados em polígonos para que fosse possível definir as classes de declividade e fazer a sobreposição com os demais dados do município.

O SIG utilizado no trabalho foi o *software* proprietário ArcGIS® versão 10.2.2, licença nível *Advanced*. Essa ferramenta de SIG permitiu a utilização de um operador lógico (booleano), para realizar os cruzamentos entre as camadas de dados geográficos. E assim foram feitas as operações lógicas do tipo A and B retornando todos os elementos contidos na intersecção entre A e B.

Mitchel (2012) descreve o modelo de adequação booleana como um dos mais usados para avaliação de áreas para um determinado uso particular. Segundo ele, este tipo de modelo de adequação divide os locais em dois grupos ou conjuntos distintos: aqueles que são adequados (atribuído valor 1) e os que não são (valor 0). O modelo avalia se cada local atende a cada um dos critérios. A resposta deve ser "sim" (valor 1) para todos os critérios de um local a ser incluído no conjunto de locais adequados.

Modelos de adequação com sobreposição booleana são úteis quando se deseja, por exemplo, excluir áreas que não podem ser utilizadas para construir como: áreas de proteção ambiental, parques e praças, faixas de 30m nas duas margens de arroios e rios urbanos, ou ainda locais sujeitos a deslizamentos ou alagamentos.

O apelo da abordagem booleana é a sua simplicidade e fácil aplicação, com a combinação lógica de mapas em um SIG diretamente análoga ao tradicional método de sobreposição empregado nas mesas de luz. Apesar de sabermos que,

na prática, pode não ser apropriado atribuir igual importância para cada um dos critérios combinados (CÂMARA, 1995).

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÃO)

Os resultados obtidos para localização dos PEV foram avaliados pelo atendimento ou não dos quesitos geográficos e legais que regem a implantação deste tipo de estrutura, que é parte fundamental da rede de captação de RCD.

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE PEV A SER IMPLANTADO

A determinação do número de PEV a ser implantado, é baseada em dois critérios definidos pelos especialistas na pesquisa DELPHI. O primeiro, é que deve existir um PEV para cada 25.000 habitantes e o segundo, que um PEV deve atender a população que esteja num raio de 2 km, o que equivale a uma área de 12,57 km².

Considerando que o município de Ponta Grossa tem uma população de 337.800 habitantes (IBGE, 2015) e uma área urbana de 199,2 km² (PMPG, 2014), foi calculado um número entre 14 e 16 PEV pelos critérios mencionados como previsão inicial para a distribuição na área urbana. Esta quantidade poderá ser alterada em função das seguintes variáveis: densidade populacional, quantidade de resíduos gerados por região e barreiras ao acesso.

MAPA DE RESTRIÇÕES

O uso do SIG proporcionou consistência e simplicidade na espacialização e na integração dos dados utilizados no estudo, facilitando a análise para a escolha dos locais de instalação dos PEV. Vale ressaltar que, qualquer *software* SIG poderia ser utilizado, entretanto, foi escolhido o sistema ArcGIS® por ser uma ferramenta utilizada mundialmente, além de possuir interface amigável e estar disponível para uso durante o estudo.

Com o emprego do modelo de adequação booleana e a técnica de sobreposição no SIG, foram agrupadas as cinco camadas definidas com suas respectivas restrições.

ESCOLHA DOS LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DOS PEV

Para a definição dos locais de instalação dos PEV, empregou-se novamente o SIG, utilizando a técnica de sobreposição das seguintes camadas: locais de restrições à implantação dos PEV, localização de terrenos públicos e particulares na área urbana (disponível no cadastro Técnico da PMPG), pontos de localização das destinações de RCD existentes, camada de declividades e sistema viário. O trabalho de escolha do total de PEV na área de estudo foi iniciado a partir de quatro pontos pré-selecionados e aptos para a implantação. Nos locais escolhidos foi traçado um círculo com diâmetro 2 km que representa a área de abrangência do PEV.

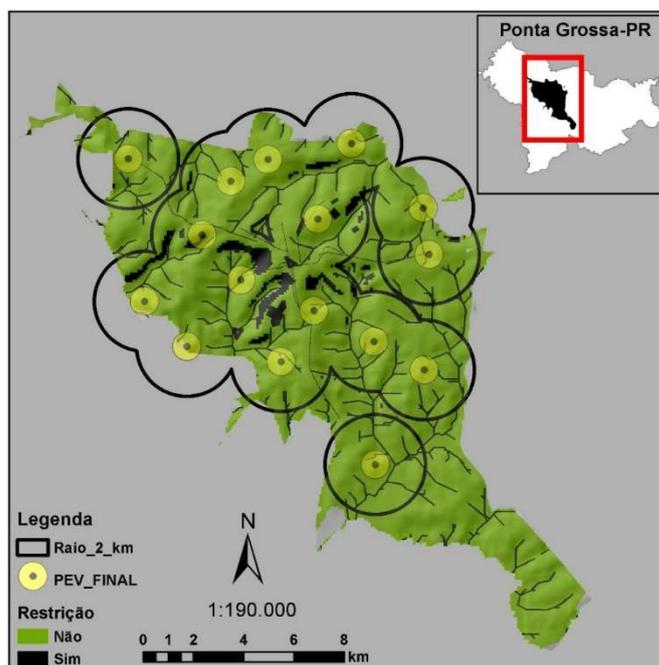
Partindo disso, foi iniciada a busca de outros terrenos preferencialmente pertencentes ao município com espaços livres disponíveis fora das áreas de

restrições. Além disso, o raio de abrangência de 2 km deveria cobrir uma parcela da área urbana com a menor sobreposição possível das áreas de atuação de outros PEV já localizados.

Com esse sistema de trabalho foram localizados mais 12 PEV que, somados aos quatro pré-selecionados, totalizaram 16 para atender toda a área urbanizada.

A Figura 2 apresenta o resultado do estudo da área urbana do município de Ponta Grossa, Paraná com as áreas de restrição à instalação dos PEV, os locais escolhidos para a sua localização e os respectivos raios de influência de cada ponto definido.

Figura 2 – Locais de restrições à implantação dos PEV.



Fonte: Miranda 2005; AGUASPARANÁ, 2015; PMPG, 2015; modificado pelo autor, 2018.

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A primeira análise é feita pela cobertura da área urbana e verifica-se que, pela forma como estão distribuídos os PEV, há uma situação de adequado atendimento, já que são áreas de maior densidade demográfica do município.

Observa-se que ficaram descobertas parcelas das regiões norte, noroeste e sul. A situação é justificada pela baixíssima densidade demográfica dessas regiões e, nestes casos, os pequenos geradores terão que se deslocar mais que 2 km para chegar até um PEV.

Para a validação do modelo, foram feitas visitas aos locais escolhidos. Porém, antes disso, fez-se uma verificação *on line* desses locais com o uso do *Street View* do Google Earth Pro. Constatada a viabilidade da escolha, foram realizadas visitas *in loco* para confirmação de que as condições para instalação estavam atendidas. Foram observados os acessos, a visibilidade, a declividade dos locais e se as áreas escolhidas estavam disponíveis para utilização, conforme constavam no cadastro técnico da prefeitura.

Na inspeção foi verificado que todos os locais escolhidos tinham a área livre disponível, de tamanho suficiente e que as declividades informadas nos mapas estavam de acordo com as observadas no local, possibilitando a instalação dos PEV.

Com relação às condições de acesso, foram observados aspectos considerados importantes para realização de manobras para veículos de carga, como: largura e declividade da via, velocidade e intensidade de tráfego no local e a declividade do terreno e, em todos os locais escolhidos, as condições eram favoráveis.

A visibilidade dos locais foi analisada sob o ponto de vista de quem trafega em veículos e para aqueles que são pedestres. Constatou-se que todos os locais tinham condições adequadas de visibilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste do modelo baseado em SIG, na cidade de Ponta Grossa, se mostrou significativamente eficiente na definição dos pontos de localização dos PEV. Dos 16 locais escolhidos, 14 são terrenos públicos e dois são locais que a prefeitura aluga e cede para uso de associações de catadores. Grande parte da área urbana do município (70%) foi atendida com distância de transporte menor que 2 km. As áreas não atendidas com esta distância são regiões de baixa densidade demográfica e do Distrito Industrial, não justificando a instalação de PEV.

Pode-se afirmar que o emprego do modelo de localização baseado em SIG funcionou bem para esse estudo de caso, e que os resultados obtidos na cobertura da área urbana e na vistoria em campo corresponderam às expectativas na escolha feita com o auxílio dos mapas de restrições criados.

Uma constatação bastante interessante é que, não foram encontrados trabalhos relacionados ao uso de modelos integrando SIG e MMAD para escolha de PEV em municípios. E partir disso, se acredita numa adequada contribuição desse trabalho.

O uso adequado do SIG pode contribuir no suporte científico-tecnológico aos tomadores de decisão quando a componente geográfica é parte fundamental de um problema. Entretanto, uma das limitações usualmente encontradas é a dificuldade na obtenção dos dados da região de estudo, o que também foi verificado aqui nesse trabalho.

Ressalta-se que a disponibilidade de uma boa infraestrutura de dados espaciais e uma integração cada vez maior entre o meio acadêmico-científico e os tomadores de decisão, tanto governamentais quanto da iniciativa privada, poderá ampliar significativamente as aplicações dessa tecnologia, trazendo expressivos benefícios à sociedade.

Use of GIS as a support for definition of the location of voluntary disposal points of construction and demolition waste.

ABSTRACT

Construction and demolition waste represents the largest share of urban solid waste (BRASIL, 2010). In Brazil, the National Solid Waste Policy provides for the implementation of Voluntary Disposal Points (VDP) in all municipalities to serve small waste generators (BRASIL, 2010). This article aims to propose a model to support the definition of the location of the VDP in the municipalities. The work started from the application of a questionnaire to professionals involved in the theme. With the results, it was defined the quantity needed and the variables to be considered for its location. The model was created with the support of a Geographic Information System (GIS). The result was a location map of the distributed VDP network in the urban area of Ponta Grossa city, Paraná. The model was efficient because it uses spatial data of easy access, its application is simple, and it can be used in other municipalities of the country.

KEYWORDS: Construction and demolition waste. Voluntary disposal points. Geographic Information System.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos, áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2004.

AGUASPARANÁ. Mapas e dados espaciais. **Instituto das Águas do Paraná.** Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=78>. Acesso em: 05 fev. 2015.

ANGULO, S. C. **Gerenciamento e Reciclagem de Resíduos de Construção & Demolição no Brasil.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: http://www.ablp.org.br/pdf/Sergio_Angulo.pdf. Acesso em: jan. 2014.

BATISTA, I. L.; SALVI, Rosana Figueiredo; LUCCAS, L. B. Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias.** Campinas-SP, v. 1, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos.** Projeto internacional de cooperação técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil (BRA/OEA/08/001). Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente Brasília – DF. 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais.** Brasília, 2012.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos.** 1995. 238 f. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. INPE, São José dos Campos-SP, 1995.

CHAKRABORTY, A.; MCMILLAN, A. GIS and Scenario Analysis: Tools for Better Urban Planning. **Comprehensive Geographic Information Systems**, v.2-17, p. 371-380, 2018.

CONDE, M. E. Sig, sistemas de información geográfica. Técnicas Informáticas aplicadas a la Computación. Tecnología Educativa - **Inst. Sacratísimo Corazón de Jesus.** 48 p.,2010. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica?related=2>. Acesso em: 04 nov. 2014.

DALMÁS, F. B. Geoprocessamento aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos na UGRHI-11 - Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Revista Geociências** (online), v.30, p. 285-299, 2011. Disponível em <http://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/30_2/Art%2011_Dalmas.pdf> Acesso em: 19 dez. 2011.

DANTAS, G. H. G. **Metodologia para escolha de sistemas de tratamento de esgoto doméstico para comunidades nucleadas pelo exército brasileiro**. 2003. 113 f. Dissertação de Mestrado. UFPR, Curitiba-PR, 2003.

DEMESOUKA, O. E.; VAVATSIKOS, A. P.; ANAGNOSTOPOULOS, K. P. GIS-based multicriteria municipal solid waste landfill suitability analysis: A review of the methodologies performed and criteria implemented. **Waste Management & Research**, v. 32(4), p. 270-296, 2014.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo-SP: Editora Atlas, 2002.

HOKKANEN, J.; SALMINEN P. Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. **European Journal of Operational Research**, n. 98, p. 19-36. 1997.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **IBGE**, Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/ponta-grossa/panorama>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

JRC, IES - JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE for ENVIRONMENT and SUSTAINABILITY. **Supporting Environmentally Sound Decisions for Construction and Demolition (C&D) Waste Management - A practical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA)**. European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. European Union, 2011.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

KHILA, R. D.; EDWIN, C. A GIS toolset for automated partitioning of urban lands. **Environmental Modelling & Software**, v. 55, p. 222-234, 2014.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3ª ed. Editora Bookman. Porto Alegre-RS, 2013.

LU, W.; YUAN, H. Off-site sorting of construction waste: What can we learn from Hong Kong? **Resources, Conservation and Recycling**, v.69, p.100–108, 2012.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Revista Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 117-130, 2011.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevô. **Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

MITCHELL, A. **The Esri guide to GIS Analysis: modeling suitability, movement, and interaction**. V. 3, Redlands, California: Esri Press, 2012.

NYCG - **New York City Government. Department of Design and Construction. Sustainable Design, Reports and Manuals**. NYCG 28 p.,2003. Disponível em: <<http://www.nyc.gov/html/ddc/downloads/pdf/waste.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

OLIVEIRA, J. S. P.; COSTA, M. M.; WILLE, M. F. C. **Introdução ao método Delphi**. Colaboração: MARCHIORI, P. Z. Curitiba: Mundo Material, 2008.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. L. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. v. 1, 2005.

PMPG – PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. A cidade. **PMPG**. Disponível em:<<http://www.pontagrossa.pr.gov.br/acidade>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

PMPG – PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTA GROSSA. **Shapefile**. Disponível em: <<http://geoweb.pontagrossa.pr.gov.br/>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

PNUMA. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza – Síntese para Tomadores de Decisão**. PNUMA. 2013, 17 p. Disponível em: <<http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10609/K1350046.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 set. 2011.

RAMOS, R. A. R. **Localização industrial: um modelo espacial para o noroeste de Portugal**. 2000. 235 f. Tese de doutorado. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, 2000.

RANGEL, L. A. D.; GOMES, L. F. A. M. O apoio multicritério à decisão na avaliação de candidatos. **Produção**, v. 20, n. 1, p. 92-101, 2010.

RISCADO, A.; BADEJO, L. Teoria e práticas em construções sustentáveis no Brasil - Elementos e Sistemas: Resíduos. **ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade / SEA - Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro**. 2010, 473 p. Repositório do Instituto Nacional de Tecnologia. Disponível em: <http://repositorio.int.gov.br:8080/repositorio/handle/123456789/376> >. Acesso em: 17 mar. 2015.

SILVA, J. Q.; PASSOS, A. C.; ROCHA M. M. Localização de indústria de esmagamento de soja usando análise de decisão multicritério apoiada em sistema de informação geográfica. **42º Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Anais XLII SBPO**. Bento Gonçalves-RS, 2010.

SILVA, M. C. G. **Utilização do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil**. 2012. 125 f. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em engenharia de produção, UTFPR. 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre-RS: Editora Bookman, 2001.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO A. A. F. M.; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.2, p.183-199, 2005.

Recebido: 31 jan 2018.

Aprovado: 25 out 2018.

DOI: [10.3895/rts.v15n37.7703](https://doi.org/10.3895/rts.v15n37.7703)

Como citar: GEUS. L. M., MOURA. E. N., GARCAS. C. M. Uso do SIG como suporte à definição da localização de pontos de entrega voluntária de resíduos de construção e demolição. **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 15, n. 37, p. 23-39, jul/set. 2019. Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/7703>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

