

LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA COLETA SELETIVA DE LIXO RECICLÁVEL EM ÁREA URBANA

K. Peixoto, V.B. G. Campos e M. A. D'Agosto

RESUMO

Na busca pelo desenvolvimento sustentável, o lixo urbano, principalmente aquele proveniente da população residente, tem se tornado um importante aspecto a ser estudado. Visando reduzir este problema e, principalmente, diminuir a utilização dos recursos naturais, vem crescendo a utilização da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos para reciclagem ou reutilização. Uma das questões relacionadas com o problema da coleta seletiva está na localização dos equipamentos de coleta, isto é, os PEV-Pontos de Entrega Voluntária. Isto porque, a sua localização deve ser tal que permita que a população deposite o lixo, previamente selecionado, em locais de fácil acesso, ou seja, próximo à sua residência. Assim, desenvolveu-se um procedimento que, a partir das características da rede urbana e da população residente, define-se a localização dos PEV necessários. Para verificar a aplicabilidade do procedimento proposto foi realizado um estudo numa região da cidade de Vitória no Estado do Espírito Santo

1. INTRODUÇÃO

A preocupação por parte do poder público e da população com os resíduos sólidos já existe há algum tempo, como foi apresentado em um relatório pelo prefeito da cidade de Vitória, em 1914: “Nenhum serviço é de mais relevância para uma cidade que o da sua limpeza. O viajante que anda pelas ruas de uma Capital e as encontra sujas, poeirentas, sem a necessária higiene será certamente um mau propagandista dos seus foros de centro civilizado” (Mingo, 2002).

Em geral, os serviços de limpeza absorvem entre 7% e 15% dos recursos de um orçamento municipal, dos quais cerca de 50% são destinados à coleta e ao transporte de lixo. É chamada atenção para o fato de que um bom gerenciamento desses serviços, que estão entre os de maior visibilidade, representa boa aceitação da administração municipal por parte da população. Adicionalmente, a sua otimização leva a uma economia significativa dos recursos públicos (IPT, 1995 *apud* Carvalho, 2001).

De acordo com o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2000, 81% da população brasileira concentra-se em áreas urbanas, ocasionando um crescente aumento do volume de lixo produzido, mostrando assim a importância que deve ser dada à coleta de resíduos em áreas urbanas. Além disso, vem ocorrendo também o acréscimo do consumo per capita da população, em particular, o consumo de bens de alimentação com embalagens descartáveis devido a significativa substituição de embalagens retornáveis pelas descartáveis, entre outros motivos.

Em 1985, o Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo a quantidade de lixo recolhida foi de 4.450 toneladas/dia e em 2000 essa quantidade aumentou para 16.000 toneladas/dia. Essa diferença de quantidade de lixo coletada é de alta relevância, visto que em 1985 a quantidade média de lixo coletada por dia e per capita nesta cidade era de 0,60 kg e atualmente é de 1 kg por dia por habitante. Observa-se que esse crescimento foi aproximadamente 40% maior que o crescimento da população no período correspondente: 8.493.226 habitantes em 1980, 9.646.185 em 1991 e 10.434.252 em 2000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004). Segundo Leite (2003), a operação logística de coleta de lixo na cidade de São Paulo exigiu, em 1996, uma média de 1.850 viagens diárias com caminhões compactadores de 10 toneladas.

2. TIPOS DE COLETA DE LIXO

De acordo com Leite (2003), existem três tipos de coleta utilizados para a captação: a do lixo urbano, a seletiva e a informal.

A coleta do lixo urbano é aquela onde se recolhe o lixo urbano, que é o destino “natural” de tudo o que se torna inservível no domicílio, orgânicos e inorgânicos, de pequeno tamanho, misturados e colocados à disposição dos órgãos públicos que se apropriam deles, por via de regra, por legislação expressa.

A coleta seletiva é a operação que compreende a coleta de porta em porta, tanto domiciliar quanto comercial e a coleta em pontos de entrega voluntária (PEV), sendo direcionada principalmente aos produtos recicláveis.

A coleta informal é realizada por meio de captação manual de modo primitivo, em pequenas quantidades, sendo este tipo característico de sociedades menos desenvolvidas.

Dentre os tipos de coleta, a seletiva tem sido apresentada como uma das melhores soluções para a redução do lixo urbano, sendo assim a mais indicada, pois economiza trabalho na captação e triagem, além de melhorar a qualidade dos resíduos a serem reciclados.

3. COLETA SELETIVA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil em seu Capítulo I, Art. 2º define a coleta seletiva como o recolhimento diferenciado de resíduos sólidos previamente selecionados nas fontes geradoras, com o intuito de encaminhá-los para reciclagem, compostagem, reuso, tratamento e outras destinações alternativas, como aterros, co-processamento e incineração.

Esta prática da separação dos resíduos orgânicos (restos de alimentos, cascas de frutas, legumes, etc.) e dos resíduos inorgânicos (papéis, vidros, plásticos, metais, etc.) facilita a reciclagem porque os materiais, estando mais limpos, têm maior potencial de reaproveitamento e comercialização (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000).

Conforme dito anteriormente, os programas de coleta seletiva apresentam duas modalidades básicas: os postos de entrega voluntária e a coleta porta a porta, descritos a seguir (São Paulo, 1998 E Grimberg, 1998).

3.1. Postos de Entrega Voluntária-PEV

Conhecidos como PEV, os postos de entrega voluntária são caçambas, *containers* ou conjuntos de tambores, devidamente identificados para receber materiais previamente selecionados pelos geradores dos resíduos. São instalados em pontos estratégicos, com grande fluxo de pessoas e fácil acesso, inclusive para automóveis. As cores usadas para identificar os recipientes para o descarte de cada material são azul (para papéis), vermelho (para plásticos), amarelo (para metais) e verde (para vidros), de acordo com a Resolução CONAMA 275/01 (Brasil, 2001). Existem também PEV para coleta dos quatro tipos de materiais em um único *container*.

Dentre os aspectos positivos do emprego dos PEV pode-se citar:

- Facilita a coleta, reduzindo custos (redução nas despesas associada a uma redução na eficiência da coleta) com percursos longos, especialmente em bairros com baixa densidade populacional, como em zonas rurais, evitando trechos improdutivos na coleta porta a porta;
- Auxilia a coleta nos municípios com atividade turística, cuja população costuma estar ausente da cidade nos dias em que há coleta dos recicláveis;
- Permite a exploração do espaço do PEV para publicidade e eventual obtenção de patrocínio;
- Permite a separação e descarte dos recicláveis por tipos, dependendo do estímulo educativo e do tipo de *container*, o que facilita a triagem posterior.

São aspectos negativos identificados na sua utilização:

- Requer mais recipientes para acondicionamento nas fontes geradoras;
- Demanda maior disposição da população, que precisa se deslocar até o PEV;
- Sofre vandalismo, desde o depósito de lixo orgânico e animais mortos até pichação e incêndio;
- Exige manutenção e limpeza;
- Não permite uma avaliação mais precisa da adesão da comunidade ao hábito de separar materiais.

3.2 Porta a Porta

Nesta modalidade, o veículo coletor percorre todas as vias públicas, recolhendo os materiais previamente separados, dispostos em frente aos domicílios e estabelecimentos comerciais em dias específicos.

Os aspectos positivos notados no uso da coleta porta a porta são:

- Facilita a separação dos materiais nas fontes geradoras e sua disposição na calçada;
- Dispensa o deslocamento até um PEV;
- Permite mensurar a adesão da população ao programa, pois os domicílios/estabelecimentos participantes podem ser identificados durante a coleta (observando-se os materiais dispostos nas calçadas);
- Agiliza a descarga nas centrais de triagem.

Como aspectos negativos destaca-se:

- Exige uma infra-estrutura maior de coleta, com custos mais altos para transporte;
- Aumenta os custos de triagem, ao exigir posterior re-seleção.

No Brasil o lixo é geralmente separado em lixo seco (reciclável) e lixo úmido (orgânico), mais usual no sistema de coleta porta a porta, porém algumas cidades utilizam PEV que coletam o lixo seco misturado. Entretanto é mais interessante o emprego de PEV nas quatro categorias descritas na Resolução CONAMA 275/01. Em países onde a reciclagem faz parte da cultura há um tempo maior, como no Japão, os resíduos sólidos são classificados em até 32 categorias: cinco tipos de papéis, onze tipos de plásticos, dois tipos de metais ferrosos, dez tipos de metais não ferrosos, três tipos de vidros e materiais orgânicos. Embora já exista no mercado mundial tecnologia de reprocessamento para quase a totalidade do material passível de ser reciclado, ainda não existem empresas reprocessadoras atuando efetivamente no Brasil na reciclagem de todos os tipos de material (Mingo, 2002).

3.3. Motivações para a Implantação da Coleta Seletiva

Inicialmente, a coleta seletiva era considerada um processo que não compensava ser realizado por motivos econômicos, como pode ser visto na descrição do livro “Lixo e Limpeza Pública”, da UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1969:

“A separação dos resíduos nos domicílios foi praxe utilizada em cidades européias e americanas na década de 1920 a 1930, mas foi gradativamente sendo abandonada por ser anti-econômica e por atribuir às donas de casa mais uma preocupação. Uma das últimas cidades a abandonar o sistema foi Los Angeles onde os resíduos domiciliares eram separados em três recipientes alternados distintos: restos de comida ou lavagem eram recolhidos em dias alternados e enviados a ranchos de criação de suínos; materiais combustíveis, papéis, trapos e outros eram incinerados no próprio domicílio, e por último, resíduos de valor industrial, vidros, latas e sucata eram retirados, uma vez por semana, e entregues a firma particular para lhes dar o destino. O relatório do Departamento Sanitário, em 1956, já propunha a extinção do sistema, por questão econômica, tendo sido iniciada a alteração em 1957 e concluída em 1964.”

Nos dias atuais, vem se criando uma preocupação com o desenvolvimento sustentável, em que se busca conservar os bens hoje existentes para que não haja comprometimento das necessidades das gerações futuras. Ao se pensar em desenvolvimento sustentável, este deve estar associado à qualidade de vida. Entretanto, não se pode considerar qualidade de vida como a possibilidade de consumir e adquirir um maior número de produtos. A prática deste pensamento gera cada vez mais resíduos, que se não forem reutilizados ou reciclados causam poluição no ar, nos solos e nos rios ou saturam os aterros sanitários.

Vários são os motivos que levam indivíduos, grupos ou prefeituras a pensar em um programa de coleta seletiva de lixo. Estes podem ser de natureza (Grimberg, 1998):

- ✓ *Ambiental/geográfica*, em que as preocupações estão voltadas à falta de espaço para disposição do lixo, à preservação da paisagem, à economia de recursos naturais e à diminuição do impacto ambiental de lixões e aterros. Com isso, muitos municípios no Brasil foram obrigados a buscar alternativas de destinação de resíduos face à iminente saturação de seus aterros; outros se viram impedidos de construir novos aterros pela Resolução CONAMA 3/97, que proibiu a instalação de

sistemas de tratamento de lixo num raio de 20 km de aeroportos, para que a eventual presença de urubus não ofereça risco ao tráfego aéreo;

- ✓ *Sanitária*, em locais onde a disposição inadequada do lixo, às vezes aliada à falta de qualquer sistema de coleta municipal, traz inconvenientes estéticos e de saúde pública;
- ✓ *Social*, quando o trabalho enfoca a geração de empregos e o resgate da dignidade, estimulando a participação de catadores de papel ou o equacionamento dos problemas advindos da catação em lixões ou nas ruas;
- ✓ *Econômica*, com o intuito de reduzir os gastos com a limpeza urbana e investimentos em novos aterros, ou para auferir renda com a comercialização de materiais recicláveis; e
- ✓ *Educativa*, que vê um programa de coleta seletiva como uma forma de contribuir para mudar, no nível individual, valores e atitudes para com o ambiente, incluindo a revisão de hábitos de consumo e, no nível político, para mobilizar a comunidade e fortalecer o espírito de cidadania.

A motivação para a implantação de um programa de coleta seletiva reúne vários destes aspectos. A escassez de áreas para aterros, freqüente em regiões metropolitanas e litorâneas, muitas vezes faz com que um município precise destinar seus resíduos a outro município, encarecendo o custo de transporte e disposição, aumentando, assim, a motivação econômica.

4. QUANTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PEV

Para implantar um programa de coleta seletiva faz-se necessário definir algumas características da coleta, tais como, a modalidade, a abrangência da coleta no município, fazer uma estimativa e dimensionamento (quantidade de recicláveis gerados, freqüência de coleta e frota) e por fim a programação das rotas. Quando definida a modalidade de coleta por meio de PEV, é fundamental quantificar e localizar estes equipamentos.

A partir da quantidade total a ser coletada é possível calcular o número de PEV a ser instalado. Para tanto, deve-se estabelecer a capacidade dos PEV a serem implantados. Em geral, eles têm capacidade volumétrica variando de 1.000 a 2.500 litros. A capacidade de carga varia de acordo com o fabricante.

Assim, o cálculo do número de PEV é realizado por meio da equação a seguir:

$$N_{PEV} = \frac{Q_{rT}}{C_c * f} \quad (1)$$

Onde:

N_{PEV} : número de PEV a serem instalados;

Q_{rT} : quantidade total de recicláveis gerada semanalmente, em toneladas;

C_c : capacidade de carga do *container*, em toneladas;

f : freqüência de coleta, em vezes por semana.

Outra variável que influi no dimensionamento do número de PEV, e que se destaca neste procedimento, é a distância máxima do mesmo até o usuário. Este é um fator extremamente relevante, pois para que o programa de coleta seletiva se desenvolva a população tem que estar constantemente comprometida a participar e se a distância de caminhada para o cidadão for maior do que a tolerável, definitivamente ele não contribuirá com o programa.

Além disso, sendo o desenvolvimento sustentável algo fundamental, direcionou-se o procedimento para que a população seja incentivada a ir até o PEV realizando caminhada ao invés de utilizar veículo. Isso é possível com a restrição de uma distância máxima de caminhada como incentivo à não utilização de veículos.

Belton *et al* (1994) *apud* Torre *et al* (2003) relatam que em Glasgow, na Escócia, a distância média de caminhada até o PEV é de 0,64 km para pedestres (39% dos casos) e de 1,53 km para usuários de veículos (59% dos casos). De acordo com o estudo realizado por Butler e Hooper (2000) *apud* Torre *et al* (2003), quanto menor a distância de caminhada, maior é a participação da população. Estes indicaram como limite a distância de um quilômetro para que um cidadão típico vá até o PEV caminhando ou de carro.

Na pesquisa realizada por Torre *et al* (2003) na cidade de Astúrias, na Espanha, concluiu-se que as pessoas estão dispostas a caminhar até no máximo cinco minutos para alcançar um PEV. Segundo a revista Transportation Research Board (1980) *apud* Papacostas(1987), uma pessoa que caminha de sua residência ao trabalho, onde haja baixa densidade de pessoas, caminha a uma velocidade de aproximadamente 100 metros/minuto. Pode-se considerar que um cidadão que vá até um PEV caminhe nessa velocidade. Assim, unindo esta informação com a consideração de Torre *et al* (2003), conclui-se que a distância máxima deve ser de 500 metros. No estudo de Chang E Wey (1999) foram testadas distâncias que variavam de 100 a 300 metros.

Com base nestas pesquisas, considera-se que para incentivar a participação apenas por meio de caminhada, a distância ideal para o usuário do PEV é de 300 metros, podendo chegar ao máximo de 500 metros.

Após o cálculo para obter o número de PEV é possível definir o número de áreas em que a região de estudo será dividida para implantação dos mesmos. Assim, inicialmente, o número de sub-áreas corresponde ao número de PEV resultantes da equação 1. A divisão das áreas deve ser definida de forma homogênea em função do número de habitantes, que é diretamente proporcional à quantidade de lixo gerada. Assim, quando a região tem densidade demográfica homogênea divide-se a mesma em áreas iguais. Quando a densidade demográfica for heterogênea as áreas devem ser proporcionais à ocupação, ou seja, na região menos densa atribui-se maior área do que aquela com maior densidade.

Uma condição para que em cada área não seja ultrapassada a distância máxima de caminhada de 500 metros é que a área esteja circunscrita em um círculo com raio menor que 370 metros. Isto por que foi observado que áreas circunscritas num raio de 500m poderiam resultar em caminhadas até o PEV maiores que este valor e assim, não se atenderia a condição da distância máxima. Isto acontece pelo fato de que em áreas urbanas os caminhos nem sempre são linhas retas, ou seja não são distâncias Euclidianas, mas reais. Assim, para definir o raio do círculo em que as regiões deveriam estar circunscritas considerou-se o estudo realizado por Novaes e Alvarenga (1994). Segundo estes, de acordo

com a literatura especializada, é usual adotar um coeficiente de ajuste α igual a 1,35 para distribuição urbana.

A partir desta consideração dividiu-se o raio de 500 metros pelo coeficiente de ajuste α igual a 1,35 que resultou em um raio de 370 metros. Desta forma, adotou-se um círculo com raio de 370 metros, ou seja, com uma redução de 45% em sua área.

Para efetuar a localização dos PEV, ou seja, a alocação espacial, é importante assegurar que a área de estudo esteja coberta de maneira homogênea pelo serviço.

Assim, a partir da divisão da região em sub-regiões circunscritas num círculo de raio de no máximo 370m, o procedimento de localização se baseia no método de *p-centros* mais especificamente no conceito de centro geral de um grafo (Evans e Minieka, 1992). Neste método procura-se identificar um ponto numa rede, ou grafo, em que as distâncias dos demais pontos do grafo para este ponto sejam as menores possíveis.

Para aplicação do método do centro geral, faz-se a modelagem da rede viária de cada sub-região em vértices (interseções) e arcos (vias), considerando-se que os locais possíveis de instalação dos PEV são as interseções das vias e que a população (em residências) se distribui nos arcos. Respeitando a distância máxima de caminhada de 500 metros, onde houver distâncias entre as interseções maiores que 1.000 metros, deve-se considerar, também, um ponto médio neste trecho (arco). Após a aplicação do método tem-se o melhor ponto para localização dos PEV de cada sub-região.

O método para identificar o centro geral compreende inicialmente a utilização do Algoritmo dos Caminhos Mínimos de Floyd (Evans e Minieka, 1992), que tem como resultado a matriz das mínimas distâncias de caminhada entre pares de vértices (interseções). A fórmula de recorrência utilizada é a seguinte:

$$d_{ij}^k = \min \{ d_{ik}^{k-1} + d_{kj}^{k-1}, d_{ij}^{k-1} \} \quad (2)$$

Onde:

k : número de vértices;

d_{ij}^k : comprimento do menor caminho do vértice i para o vértice j .

Com as distâncias de caminhada mínimas entre vértices obtidas na matriz da última iteração do algoritmo de Floyd e com os comprimentos dos arcos (vias entre interseções), é possível calcular a matriz de distâncias entre vértices e pontos nos arcos por meio da equação:

$$d'(j, (r, s)) = \frac{d(j, r) + d(j, s) + a(r, s)}{2} \quad (3)$$

Onde:

$d'(j, (r, s))$: distância do vértice j ao arco (r, s) ;

$d(j, r)$: comprimento da distância mínima do vértice j ao vértice r ;

$d(j, s)$: comprimento da distância mínima do vértice j ao vértice s ;

$a(r, s)$: comprimento (distância) do arco (r, s) .

A partir desta matriz, identifica-se o centro geral como sendo o vértice (interseção) que tem a mínima distância entre as máximas obtidas:

$$MVA(x) = \min_i \{MVA(i)\} \quad (4)$$

Onde:

$MVA(x)$: mínima distância, obtida no vértice x ;

$\min_i \{MVA(i)\}$: mínima distância entre as máximas em relação ao vértice i .

A figura 1 a seguir apresenta um fluxograma que resume o procedimento desenvolvido.

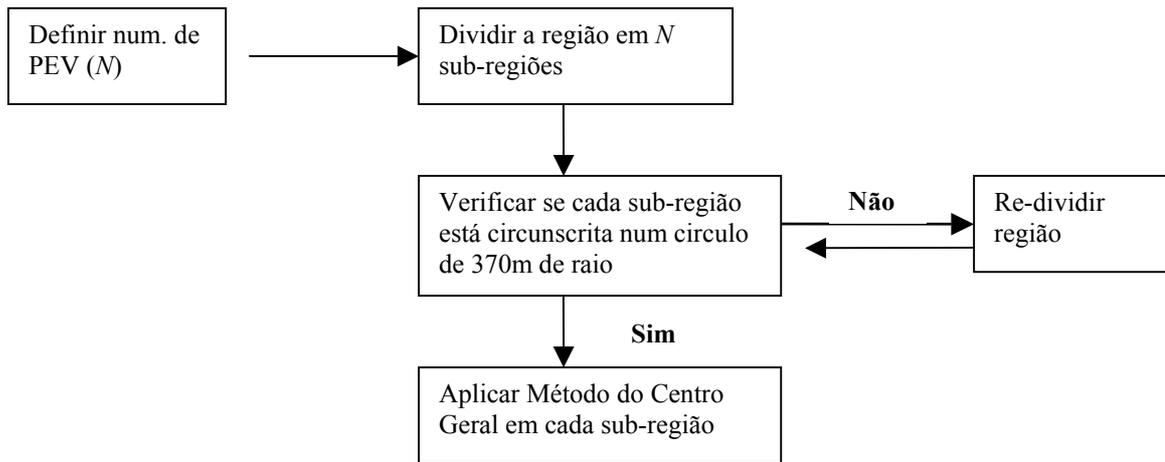


Fig 1- Fluxograma do Procedimento

Para incentivar ainda mais a participação da população é interessante que além da instalação dos PEV nos locais indicados a partir do resultado do método, também instalar PEV de menores dimensões, e diferenciados por tipo de resíduos, em locais de fácil acesso, onde haja grande concentração e tráfego da população, tais como: escolas, postos de saúde, centros esportivos, delegacias, bibliotecas, parques, praças, postos de gasolina, supermercados, bancas de jornal, condomínios, terminais rodoviários e pontos de parada de ônibus.

5. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Com o objetivo de verificar a aplicabilidade do procedimento, foi realizado um estudo de caso. Para tanto, escolheu-se o bairro de Jardim da Penha, localizado no município de Vitória, estado de Espírito Santo. Esta região foi selecionada por já ter PEV implantados e possuindo, assim, informações suficientes para realizar a aplicação e comparação entre o existente e o resultado do procedimento proposto.

De acordo com a PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (2005), Jardim da Penha tem 1,58 km² de área e 6,2 km de perímetro. A população do bairro no ano de 2000 era de 24.623 habitantes. Existem atualmente 15 (quinze) PEV instalados neste bairro.

Na aplicação foi considerada a abrangência de 100%, pois este bairro possui coleta seletiva em sua totalidade. Da mesma forma que se assumiu que o tipo de PEV seria idêntico ao existente, foi adotada a mesma abrangência para haver a melhor comparação da situação atual com a aplicação.

Por meio de informações da Prefeitura e da análise gravimétrica, verificou-se que a quantidade a ser coletada de recicláveis por semana é de 6,07 toneladas e a frequência de coleta na área é de uma vez por semana.

Quanto ao dimensionamento e localização dos PEV, uma consideração a ser feita é que o PEV adotado é aquele em que as quatro categorias de recicláveis são lançadas em um único container, assim como os existentes no bairro. Os custos de transporte elevam-se muito quando a coleta é realizada para as quatro categorias individualmente e na maioria dos casos quando existem mais de um tipo de *container*, na ocasião da coleta, os resíduos são misturados no caminhão, necessitando de posterior seleção.

A partir da quantidade total de recicláveis a serem coletados no bairro calculou-se o número de PEV necessários. De acordo com a empresa fornecedora dos PEV para a Prefeitura de Vitória, os PEV utilizados são de capacidade volumétrica de 2.300 litros e capacidade de carga de 1,38 toneladas (COLECT VITÓRIA, 2005). Vale ressaltar que estas capacidades variam conforme o fabricante.

O número de PEV (N_{PEV}) é obtido através da equação 1:

$$N_{PEV} = \frac{Q_{RT}}{C_c * f} \Rightarrow N_{PEV} = \frac{6,07}{1,38 * 1} \Rightarrow N_{PEV} = 4,4 \cong 5$$

Como o resultado foi 4,4, adota-se o valor inteiro superior, tendo assim 5 (cinco) PEV a serem instalados. Destaca-se, como citado anteriormente, que atualmente no bairro existem 15 (quinze) PEV.

Com o resultado da equação acima, faz-se a divisão da área em sub-regiões, visando a implantação de um PEV em cada uma.

Assim, inicialmente, na região estudada, definiu-se o número de áreas igual ao número de PEV. Com o mapa do bairro, que possui 1,58 km², dividiu-se a região em 5 áreas e verificou-se que estas tinham aproximadamente 0,50 km². Isto foi viável, porque o bairro de Jardim da Penha tem densidade demográfica homogênea, visto que em sua maior parte é constituído por edifícios de no máximo 5 pavimentos. Isto ocorre porque o Plano Diretor Urbano da cidade de Vitória proíbe edificações com maior gabarito do que este, pois o bairro está na rota dos aviões que utilizam o Aeroporto de Vitória.

Porém, para atender a condição citada anteriormente, é necessário que todas as áreas estejam circunscritas em círculos com raio de 370 metros, para que a distância máxima do usuário até o PEV seja de 500 metros, conforme justificativas apresentadas anteriormente.

Verificou-se então que seria necessário, que a área fosse re-dividida. Assim, inicialmente considerou-se o acréscimo de mais uma sub-região, entretanto, com 6 áreas também não foi possível que todas estivessem circunscritas no círculo com raio de 370 metros. Assim, realizou-se o mesmo processo com uma re-divisão da área em 7 sub-regiões. Neste caso as 7(sete) áreas foram circunscritas identificando-se a necessidade de instalação de 7(sete) PEV e não cinco como haviam sido definidos previamente.

Feita a divisão, parte-se para a modelagem da rede de cada sub-região a partir do mapa da região definindo os arcos (vias) e os vértices (interseções), que são os locais prováveis para a instalação dos PEV.

Aplicou-se, então, o método do centro geral em cada sub-região obtendo-se a melhor localização para os 7 (sete) PEV. A figura 2 apresenta a localização dos PEV existentes e a nova localização resultante da aplicação. A localização de cada um dos sete PEV apresenta uma distância máxima de caminhada da população até os mesmos variando entre 414 (na área 4) a 490m (na área 1). Estes resultados confirmaram a hipótese de que ao se dividirem as áreas de forma que as mesmas estejam dentro de um círculo de raio de 370m, podem-se obter distâncias máximas de caminhada menores que 500m.



Fig.2 Mapa com delimitação das áreas e localização dos PEV

Na figura 1 a linha verde ilustra os limites do bairro de Jardim da Penha, os PEV existentes estão representados pela cor azul e aqueles resultantes do procedimento, de acordo com a aplicação, estão em vermelho. Nota-se que nas áreas 1 (lilás) e 2 (verde) existem também um único PEV instalado atualmente. As áreas 3 (azul), 4 (azul claro) e 6 (salmão) contêm 2 PEV, estando um deles ocioso. Na área 5 (amarelo) há 3 PEV e na área 7 (marrom)

existem 4 (quatro) PEV, representando assim grande ociosidade nestes *containers*. Conclui-se que há no total 8 (oito) PEV que não tem sua utilização plena e que poderiam ser deslocados para outros bairros.

Isto pode ser comprovado através de uma visita no local, em que se verificou a subutilização dos mesmos, além disso, com um número maior de PEV tem-se necessidade de se programar mais viagens à região para coleta dos mesmos e conseqüentemente um maior custo.

6. CONCLUSÕES

A preocupação com o meio ambiente é cada vez maior por parte de toda a sociedade. A geração de resíduos sólidos e a sua destinação inadequada são grandes responsáveis pela poluição no solo, nos rios e no ar. Para tentar reduzir essa quantidade de malefícios gerados do lixo, a coleta seletiva é apontada como uma boa solução.

Por esta razão, foi realizado o procedimento para auxiliar no planejamento e na operação da coleta seletiva que compreende a quantificação e a localização dos equipamentos, ou seja, os PEV.

Considera-se que a implantação da coleta seletiva numa cidade deve ser iniciada numa área piloto, para posteriormente ser estendida para toda a cidade, isto porque, consegue-se ter uma base de informação quanto à adesão e quantidade coletada que serão úteis para as implantações futuras.

Para expandir o número de PEV, depende-se da variação da demanda ao longo do tempo, representando a alocação temporal. O crescimento da demanda apresenta uma tendência crescente em função do aumento da população, crescimento da renda, etc. Assim, com o passar do tempo, os PEV instalados passam a não mais ter capacidade para atender a toda a população. É imprescindível, portanto, que para manter o mesmo nível de serviço, aumente-se o número de PEV disponíveis ou a frequência de coleta. Os períodos entre as expansões devem ser previstos com antecedência a fim que se possam alocar os recursos necessários para a aquisição de novos *containers* antes que o sistema fique saturado.

Considera-se que este procedimento possa auxiliar prefeituras na implantação deste tipo de coleta. Ressalta-se que o principal aspecto considerado no procedimento foi que a população utilizasse a caminhada para ter acesso aos PEV, incentivando-se assim, o transporte não-motorizado para esta atividade, e estimulando a participação da população.

7. REFERÊNCIAS

Brasil. **Relatório Preliminar – Resíduos Sólidos (Versão II –2002)**. Disponível: <http://www.reciclaveis.com.br/> [capturado em 09 mar. 2005]

Brasil. (2001)Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 jun. 2001.

Carvalho, L. E. X. **Desenvolvimento de Solução Integrada de Sistemas de Limpeza Urbana em Ambiente SIG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

ChanG, N., Wei, Y. L. Strategic Planning of Recycling Drop-Off Stations and Collection Network by Multiobjective Programming.(1999)**Environmental Management** 24 (2), p. 247-263.

COLECT VITÓRIA (diretoria@colect.com.br) **Re: Dúvida – tipos contentores**. E-mail para PEIXOTO, K. (kakapeixoto@yahoo.com.br) [mensagem capturada em 13 dez. 2005]

Evans, J.R., Minieka, E. (1992) **Optimization Algorithms for Networks and Graphs**, 2nd ed, Marcel Dekker, Inc. USA.

Grimberg, E., Blauth, P. (1998) **Coleta Seletiva - Reciclando Materiais, Reciclando Valores**. Revista Pólis, nº 31, 103 p., Disponível: http://www.lixoecidadania.org.br/lixoecidadania/Files/m_coletaSeletiva/Coleta%20Seletiva.a.doc [capturado em 01 fev. 2005]

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). **Censo Demográfico 2000**. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/migracao/Brasil_mig_Censo2000.pdf [capturado em 26 out. 2004]

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf> [capturado em 10 mar. 2005b]

Leite, P. R. (2003) **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall,. 250 p. il.

Mingo, N. D., LIMA, C. R. D. **Cadernos de Meio Ambiente, Volume 4 – Limpeza Pública**. Vitória: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Serviços, 2002. 46p. il.

Novaes, A. G., Alvarenga, A. C. (1994) **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. São Paulo: Pioneira, 268 p. il.

Papacostas, C. S. (1987) **Fundamentals of Transportation Engineering**. New Jersey: Prentice-Hall International,. 458 p. il.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA.(2005) **Jardim da Penha**. Disponível: <http://www.vitoria.es.gov.br/secretarias/sedec/jardimdapenha1.htm> [capturado em 23 nov.

SÃO PAULO (ESTADO). (1998) .Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. **Guia pedagógico do lixo**. São Paulo: SMA, 96 p. il.

Torre, P. L. G., Díaz, B. A., Torres, A. R. (2003) Some comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe. **Journal of Environmental Management** 69, p. 129-138, mai.. Disponível: <http://www.sciencedirect.com> [capturado em 16 abr. 2005]

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FACULDADE DE HIGIENE E SAÚDE PÚBLICA. , (1969) **Lixo e Limpeza Pública**. São Paulo, USP/OMS/OPS