

## **SISTEMA PNEUMÁTICO SUBTERRÂNEO DE COLETA DE RESÍDUOS URBANOS: ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO EM UM BAIRRO DE VITÓRIA – ES**

Luciana Franco da Costa<sup>1</sup> ; Raphael Fracalossi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmica de Engenharia Civil na Faculdade Brasileira – Multivix– Vitória

<sup>2</sup> Mestre em Física Teórica

### **RESUMO**

O sistema de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos por meio de dutos subterrâneos não é uma novidade. Implantado primeiramente em Estocolmo, em 1961, o sistema atualmente atende várias cidades na Europa, Ásia e América do Norte.

Foram necessários mais de cinquenta anos para a solução subterrânea chegar ao Brasil, ainda que de forma pontual. Com foco na sustentabilidade, o condomínio multiuso composto por shopping center, prédios comerciais, residenciais e hoteleiro, chamado Parque da Cidade, em São Paulo, terá o primeiro sistema de coleta a vácuo subterrâneo de resíduos sólidos desse porte no Brasil. A chegada da solução ao país representa o início de um longo processo de mudança na mentalidade brasileira no tratamento dos seus resíduos.

O principal objetivo deste artigo é apresentar o sistema brasileiro em sua configuração atual, a infraestrutura necessária para a operação e possíveis pontos falhos. De forma comparativa, apresentar a estrutura necessária, o esquema de funcionamento e custo do sistema subterrâneo.

Com base nas informações disponíveis, executa-se um estudo preliminar de implantação do sistema subterrâneo em um bairro da cidade de Vitória, área esta escolhida de acordo com os requisitos do sistema demonstrando a viabilidade econômica e técnica da solução em cidades brasileiras.

**Palavras-chaves:** resíduos sólidos, transporte dutoviário, sustentabilidade, lixo, coleta de resíduos, tratamento.

### **INTRODUÇÃO**

As metrópoles são o grande desafio estratégico do planeta neste momento. Se elas adoecem, o planeta torna-se insustentável. No entanto, a experiência internacional – de Barcelona a Vancouver, de Nova York a Bogotá, para citar algumas das cidades mais verdes – mostra que as metrópoles se reinventam. Se refazem (LEITE, 2012, p. 8).

A busca por melhores alternativas de gestão dos resíduos sólidos não é uma preocupação exclusiva da nossa geração. Desde a antiguidade o acúmulo de resíduos nas cidades acarreta problemas para quem a habita.

Quando os homens ainda eram nômades, e mudavam com frequência de localização em busca de alimentos, os resíduos gerados eram decompostos naturalmente com a ação do tempo. Assim que começaram a fixar moradia, criando grupos de ocupação, o acúmulo de resíduos passou a ser um problema.

Na idade média, os resíduos eram principalmente fezes, urina e cadáveres em decomposição. Restos de alimentos também eram despejados nas ruas. Com o acúmulo de

sujeira, que atrai ratos e outros animais transmissores de doenças, ocorreram as primeiras epidemias. A peste bubônica, também conhecida como peste negra, transmitida pela pulga do rato, foi uma epidemia altamente mortífera na Europa, China e Ásia em diferentes épocas da história.

Segundo Peter Burke (2001), por volta de 1500 “atirava-se um tal volume de lixo nas ruas das cidades antigas que seu nível se elevou gradativamente”. Em muitas cidades europeias “os moradores tinham permissão para esvaziar baldes de água suja na rua, desde que antes gritassem pela janela para dar aos passantes uma oportunidade de se abrigar”.

Ainda segundo Burke (2001), com o passar do tempo, e conseqüente aumento do volume de lixo, as políticas de controle do despejo de resíduos começaram a ficar mais rigorosas. Algumas cidades colocaram porcos nas ruas para tentar diminuir a quantidade de resíduos, outras, relocaram profissões como açougueiros e peixeiros para a periferia das cidades.

Com o passar dos anos e desenvolvimento das nações, as características dos resíduos também mudaram, além do acréscimo na quantidade gerada. Antes o que era predominantemente composto por matérias orgânicas passou a ter cada vez mais materiais como plásticos, vidros, baterias, componentes eletrônicos e outros elementos altamente poluentes e não biodegradáveis. O lixo passou a ser visto como um indicador do desenvolvimento de uma nação, já que é um sinal de que as pessoas estão consumindo e o país produzindo e crescendo. Ainda há um agravante: os produtos ficam obsoletos cada vez mais rápido, aumentando a procura por substitutos mais atualizados, acarretando grandes volumes de descartes.

A conscientização sobre a importância da gestão eficiente de resíduos sólidos, principalmente nos grandes centros urbanos, grandes poluidores, vem aumentando. Muitas cidades, principalmente em países desenvolvidos, já aplicam a tecnologia e soluções de engenharia em estudos nesse campo.

O sistema brasileiro de coleta e tratamento de resíduos urbanos ainda apresenta muitas deficiências. A ineficiência do sistema de coleta culmina no descarte em locais inadequados e conseqüente ausência de tratamento dos resíduos.

No Brasil, 68,5% dos resíduos gerados em municípios com até 20 mil habitantes são depositados em locais inadequados. Esta situação torna-se relevante pois esta parcela de municípios corresponde a 73% da população brasileira total (IBGE, 2002; JUCA, 2003).

## **SISTEMA BRASILEIRO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

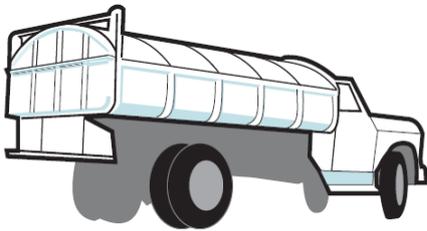
Coletar o lixo significa recolher o lixo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final. Pode-se então conceituar como coleta domiciliar comum ou ordinária o recolhimento dos resíduos produzidos nas edificações residenciais, públicas e comerciais, desde que não sejam, estas últimas, grandes geradoras (IBAM, 2001).

A primeira etapa da cadeia de tratamento dos resíduos é a coleta dos mesmos diretamente com quem os produziu. Segundo o IBAM (2001), a qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos depende da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta, responsabilidade esta delegada a população. Esta conduta evita acidentes e proliferação de vetores, além de facilitar o ato da coleta.

O acondicionamento dos resíduos acontece em vasilhames ou containers plásticos ou metálicos, caixas de madeira ou papelão, ou outros recipientes, em sacos plásticos ou não. A utilização de sacos de lixo ou de supermercado é o predominante.

O IBAM (2001) define uma série de padrões nos quais os recipientes devem se enquadrar. Para a coleta manual o peso máximo do recipiente incluindo a carga é de 30 kg. Recipientes que permitem maior carga devem ser padronizados para que possam ser manuseados por dispositivos mecânicos disponíveis nos próprios veículos coletores, reduzindo assim o esforço humano. Devem possuir dispositivos que facilitem seu deslocamento no imóvel até o local de coleta. Serem herméticos, para evitar derramamento ou exposição dos resíduos. As embalagens flexíveis (sacos plásticos) devem permitir fechamento adequado das "bocas". As rígidas e semirrígidas (vasilhames, latões, contêineres) devem possuir tampas e estabilidade para não tombar com facilidade. Serem seguros, para evitar que resíduos cortantes ou perfurantes possam acidentar os usuários ou os trabalhadores da coleta. Serem econômicos, de maneira que possam ser adquiridos pela população. Não produzir ruídos excessivos ao serem manejados. Possam ser esvaziados facilmente sem deixar resíduos no fundo.

O transporte dos resíduos recolhidos ocorre predominantemente pelo modal rodoviário. Os veículos mais utilizados no Brasil para coleta domiciliar são os caminhões com compactador (Figura 1) e sem compactador, também conhecido como baú (Figura 2). Em locais de difícil



**Figura 2 Caminhão baú**



**Figura 1 – Caminhão com compactador**



**Figura 3 - Microtrator**

acesso de caminhões, como favelas, a coleta pode ser efetuada por micro tratores (Figura 3).

A coleta dos resíduos pode ser tradicional ou seletiva. Na coleta seletiva há a segregação dos resíduos de acordo com sua composição, normalmente separados em recicláveis e não recicláveis pela própria população, para que cada um possa ter a destinação específica. Na coleta tradicional não há separação entre tipos de resíduos.

Após a etapa de coleta, os resíduos são descarregados em estações de transferência de onde serão transportados para os aterros sanitários ou usinas de tratamento em veículos cuja capacidade de carga é, pelo menos, três vezes maior que a capacidade dos caminhões de coleta, reduzindo assim o custo unitário do transporte. A escassez de terrenos disponíveis próximo as cidades, associada a resistência dos moradores a implantação das estações de transferência próximo a suas residências acaba aumentando a distância de percurso dos caminhões de coleta, aumentando o custo de transporte no trecho coleta-transferência.

A próxima etapa é o tratamento dos resíduos com o objetivo de reduzir seu caráter poluidor. Os mais comuns no Brasil são: a reciclagem, incineração, compostagem ou destinação a aterros sanitários. A destinação a lixões, depósitos de lixo a céu aberto, não é uma solução desejável e já existem leis para desativá-los em todos os municípios brasileiros.

A reciclagem busca reaproveitar materiais como plásticos, alumínio, papelão que foram descartados. Porém, para que o sistema funcione de forma eficiente exige a conscientização da população quanto a necessidade de separação dos resíduos e disponibilização de coleta seletiva pelos municípios.

Segundo o IBAM (2001) define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos.

A incineração é um processo que consiste na combustão controlada dos resíduos em temperaturas entre 800 e 1000 ° C. A incineração reduz a massa de resíduo em até 70% e o volume em até 90%.

Os aterros sanitários consistem em grandes valas protegidas por mantas impermeáveis, para que não haja contaminação do solo, onde os resíduos são despejados. Ao final de cada jornada de trabalho e assim que a capacidade do aterro for atingida, as valas devem ser cobertas para evitar mau cheiro e proliferação de vetores.

## **SISTEMA SUBTERRÂNEO DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS URBANOS**

Enquanto a maior parte dos serviços de infraestrutura urbana, como, abastecimento de água, gás, energia elétrica e coleta de esgoto, são projetados para operar de forma subterrânea, em muitas cidades, como é o caso do Brasil, a coleta de resíduos sólidos urbanos ainda ocorre porta a porta.

A Envac, empresa líder mundial em sistemas de coleta pneumática de resíduos, desenvolveu um sistema de transporte de resíduos por sucção através de uma rede de tubos subterrâneos utilizando apenas ar e energia elétrica, alternativa mais econômica e menos poluente ao antigo sistema de coleta feita por veículos motorizados.

Segundo a Envac (2012a, 2012b), o funcionamento do sistema é bem simples. Os resíduos, em sacolas, são depositados em coletores localizados nas edificações ou em pontos estratégicos da cidade. Os resíduos ficam temporariamente armazenados na porção subterrânea dos coletores. Assim que os coletores estiverem cheios ou em intervalos predefinidos de tempo o sistema aciona a sucção a vácuo e estes sacos percorrem uma tubulação que os leva até a central de armazenamento. As frações distintas de resíduos, de acordo com sua natureza, trafegam separadamente pelos dutos e são armazenados de forma segregada nas centrais em contêineres estanques. Todo o processo descrito está ilustrado na figura 4.

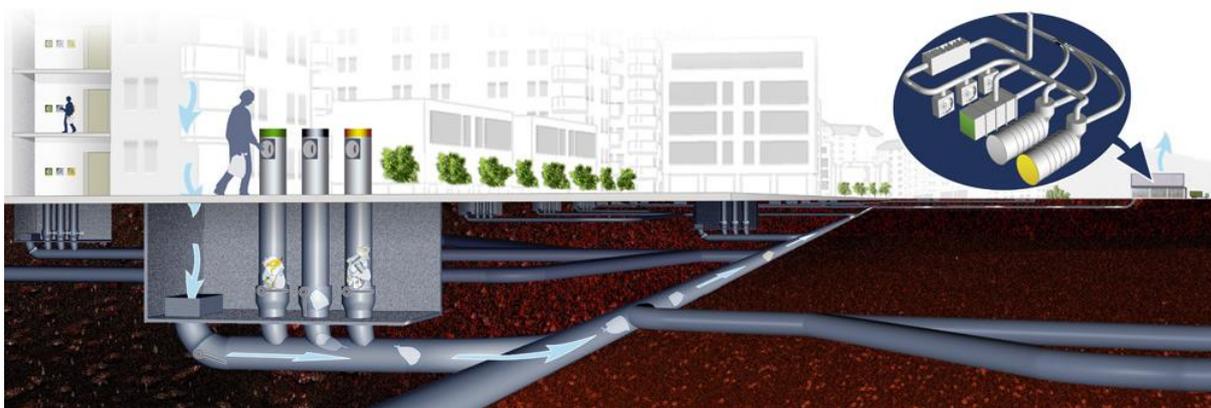


Figura 4 - Coletores e estrutura subterrânea.



Figura 5 - Ponto de coleta com quatro frações.

Fonte – <<http://www.envacgroup.com>>. Acesso

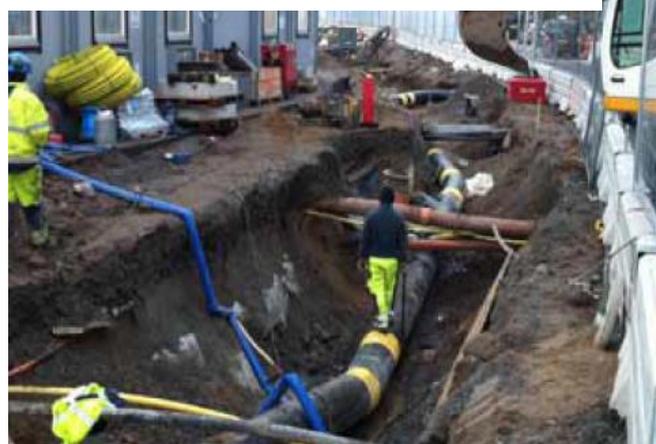


Figura 6 - Construção de tubulações subterrâneas .

Fonte – <<http://www.envacgroup.com>>. Acesso em: 13

Os coletores (Figura 5) podem ter de duas a quatro frações distintas, podendo apenas segregar os resíduos em recicláveis ou não, ou de acordo com sua composição, como: metais, papéis, orgânicos ou outros. Tecnicamente não há limites para a quantidade de frações, porém, economicamente para operação do sistema limita-se a quatro. Os pontos de coleta instalados nas ruas costumam atender de 40 a 80 famílias, porém esse valor pode variar em caso de volume de resíduos além da média e a distância entre ponto de coleta e residências.

Praticamente todos os tipos de resíduos podem ser depositados no sistema. Apenas

resíduos volumosos, móveis, combustíveis, grandes quantidades de vidro, produtos químicos perigosos, devem ser coletados de forma separada (ENVAC, 2012a).

Para evitar acidentes com crianças em áreas residenciais, a abertura dos coletores fica a 1,1 metros do chão e em aberturas maiores que 30 cm deve haver controle de acesso por meio de cadeados ou cartões. Estabelecimentos comerciais considerados grandes geradores possuem um coletor individual os demais utilizam coletores compartilhados (ENVAC, 2012a).

As tubulações retas são confeccionadas em aço carbono com espessura variável de acordo com o volume de resíduos que tráfegará e sua abrasividade. O comprimento de cada peça pode ser de 6 ou 12 metros. A vida útil dos tubos gira em torno de 30 anos quando atendidas as condições projetadas. As curvas são pontos sensíveis e são confeccionadas com uma liga de aço e boro. Os tubos são revestidos externamente por três camadas de polietileno o que permite que sejam instalados diretamente sob o solo ou água. A profundidade em que são instalados varia de 1 a 1,5 metros abaixo do nível da rua, 1,5 a 2,5 metros caso existam válvulas (Figura 6). Além de enterradas, as tubulações também podem ser instaladas suspensas, principalmente em estacionamentos. Os resíduos tráfegam a uma velocidade em torno de 70 km/h de acordo com o densidade dos mesmos e distância de transporte (ENVAC, 2012a, 2012b).

Cerca de 90% dos bloqueios nas tubulações podem ser resolvidos aumentando a pressão de ar nas mesmas, portanto, isso não representa um grande problema para o funcionamento do sistema já que pode ser resolvido em torno de 15 minutos. Em alguns casos o desbloqueio deve ser feito de forma manual e pode levar de uma a duas horas dependendo do caso (ENVAC, 2012a).

A área da central de armazenamento é diretamente proporcional ao volume de resíduos coletados. Os containers podem ter 5 a 30 m<sup>3</sup> de acordo com a necessidade. Os tamanhos padrões são: 20, 25 ou 30 m<sup>3</sup>, com densidade de resíduos em média 350 a 500 kg/m<sup>3</sup>. Ao chegar as centrais os sacos contendo resíduos passam por um ciclone onde será separado o ar. Este ar, que não é poluído, passa por um tratamento antes de ser devolvido a atmosfera para remover maus odores e partículas de poeira (ENVAC, 2012a, 2012b).

O sistema consome energia elétrica, apenas na central, mas é vantajoso se comparado ao gasto energético dos veículos de coleta tradicionais, e seu caráter poluente. Também é possível alimentar o sistema com energia solar. O sistema é operado automaticamente a maior parte do tempo (ENVAC, 2012a, 2012b).

Os níveis de ruído durante o funcionamento do sistema são baixos. As válvulas podem apresentar um pouco mais de ruído, mas podem ser instalados silenciadores caso seja

necessário controles mais rígidos. Algumas soluções alternativas são adicionadas ao sistema em regiões suscetíveis a terremotos, gelo, ou outras características especiais. O sistema é a prova de fogo já que dentro das tubulações não há oxigênio suficiente para iniciar um incêndio. O sistema é projetado para suportar temperaturas locais variando em torno de -30° C a 45° C (ENVAC, 2012a).

O sistema possui alguns requisitos mínimos para instalação para que seja economicamente viável. Para uma primeira instalação em uma cidade, recomenda-se uma área de abrangência com no mínimo 1000 residências ou um volume de resíduos gerados equivalente em caso de comércio. O sistema possui capacidade de crescer em etapas, aumentando sua área de abrangência. O desejável é que a área seja ocupada por habitações de no mínimo três pavimentos (ENVAC, 2012a, 2012b).

Para locais afastados, ou com densidade populacional que inviabilize a implantação de uma central para atendê-los existe a alternativa de coleta por caminhões de alta capacidade (ENVAC, 2012a, 2012b).

O sistema de coletores é idêntico, porém abaixo desses coletores ficam reservatórios que armazenarão os resíduos depositados. Em intervalos de tempo programados um caminhão com grande capacidade realizará a sucção destes resíduos por meio de um tubo e compactado no interior do caminhão, este segue para os locais de tratamento de resíduos. A figura 7 ilustra a alternativa (ENVAC, 2012a, 2012b).

Mesmo operado por caminhões como o sistema tradicional, esta variação do sistema subterrâneo possui vantagens, pois permite que um mesmo caminhão recolha os resíduos de vários pontos otimizando o transporte. Além disso, com os coletores não há acúmulo de lixo nas ruas até o horário de recolhimento.



Figura 7 - Sistema de armazenamento subterrâneo e coleta por caminhões.

## PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA SUBTERRÂNEO DE COLETA DE RESÍDUOS

Neste tópico será apresentado um estudo da aplicabilidade da solução subterrânea para uma área escolhida. O foco principal é demonstrar, para uma área real consolidada, a possibilidade de adaptação do sistema subterrâneo com base nas informações fornecidas pelo fabricante, apresentadas em tópico anterior e com base nas informações extraídas de cidades que já possuem o sistema em operação.

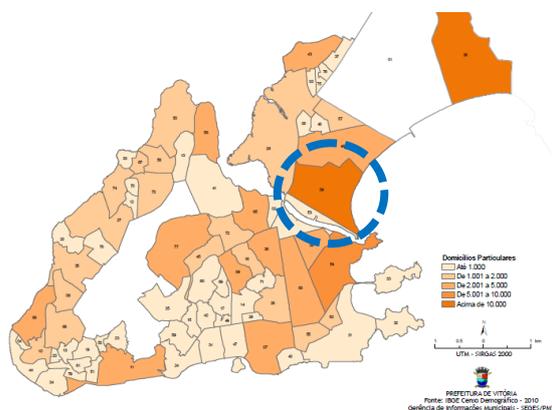
### ESCOLHA DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO E PREMISSAS DE PROJETO

A escolha da área de abrangência da proposta de implantação do sistema subterrâneo deve atender os requisitos mínimos para que o projeto seja economicamente viável tanto na etapa de implantação quanto na operação.

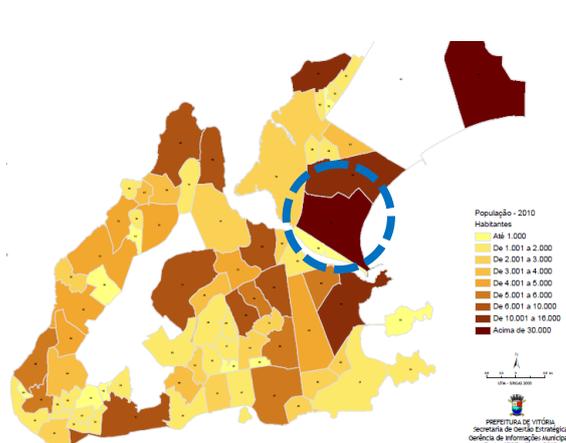
Após análise dos bairros da cidade de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo, o bairro Jardim da Penha foi o selecionado para ser o primeiro a receber o novo sistema. Os fatores decisivos para a escolha do bairro foram: a densidade demográfica compatível com os requisitos do sistema, relevo plano e disponibilidade de grande área centralizada ao bairro para implantação da central de armazenamento mantendo a distância máxima de percurso entre coletores e central de dois quilômetros.

Quando comparado aos demais bairros da capital, Jardim da Penha se destaca por ser um dos bairros com maior número de habitantes e domicílios (IBGE – Censo 2010). Os mapas das figuras 8 e 9 ilustram esses dados, as cores mais escuras representam os maiores

valores. Em destaque o bairro escolhido.



**Figura 8 - Total de domicílios particulares por bairro de Vitória – 2010.**



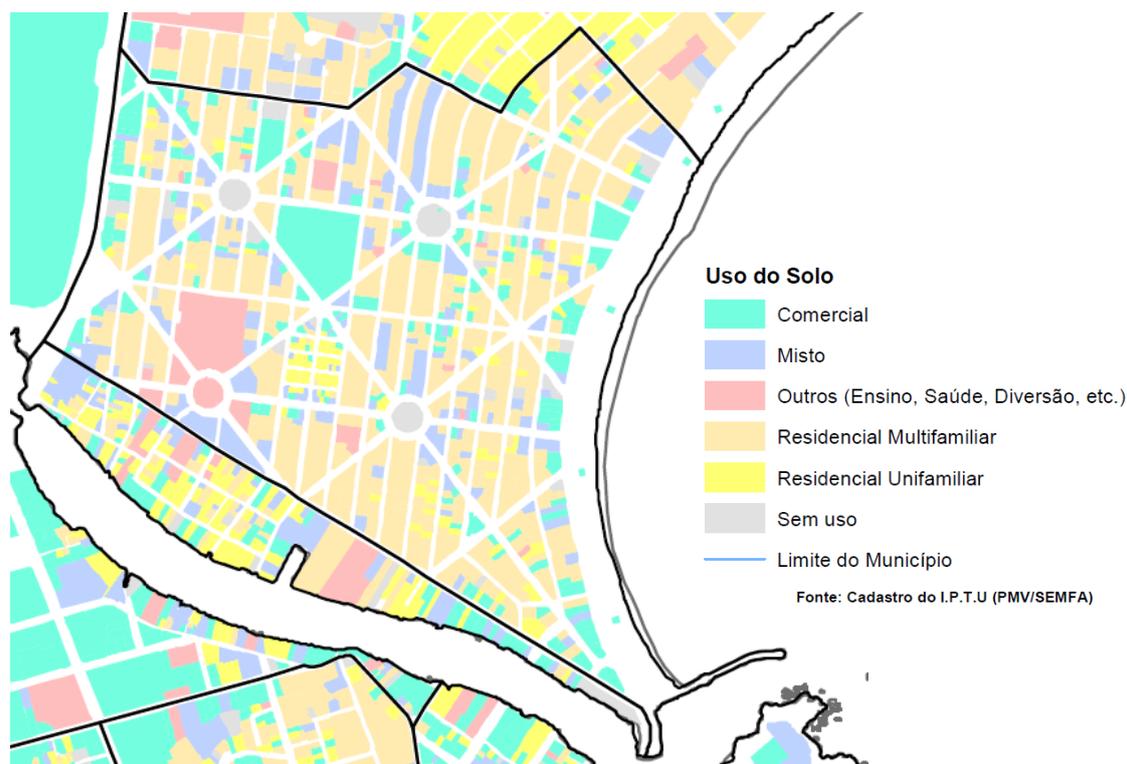
**Figura 9 - Distribuição da população de Vitória por bairros - Censo 2010**

**Fonte – IBGE – Censo demográfico de 2010.**

Tecnicamente o sistema subterrâneo possui grande flexibilidade de alternativas, porém, para ser economicamente competitivo com o sistema tradicional são estabelecidas algumas limitações. Para uma primeira instalação na cidade exige-se um mínimo de 1000 residências atendidas. Com um total de 11.445 domicílios, dados do Censo demográfico de 2010 - IBGE, o bairro atende essa exigência.

A distribuição da população e dos domicílios ao longo da área também é outro fator importante. O bairro ocupa uma área total de 1.460.000 m<sup>2</sup> e possui uma população de 30.571 habitantes (IBGE, 2010). A média de domicílios por hectare gira em torno de 78, atendendo o mínimo exigido de 50. Como o bairro possui um caráter homogêneo de ocupação há pouca distorção nesse valor nos diversos pontos do bairro.

Segundo dados do cadastro do I.P.T.U., imposto predial e territorial urbano, o bairro é ocupado predominantemente por residencias multifamiliares, em sua maioria pequenos prédios de 3 ou 4 andares, comércio e serviços. O mapa apresentado na figura 10 mostra um mapeamento de todo o bairro de acordo com o uso do solo representado por uma legenda de cores distintas, a predominância do uso residencial multifamiliar e comercial é nítida.



**Figura 10 - Mapa de uso do solo de Jardim da Penha, Vitória ES**

A existência de um grande terreno localizado quase centralizado ao traçado do bairro foi outro fator essencial para a viabilidade de implantação. Os armazéns do antigo Instituto Brasileiro do Café (IBC), em terreno de cerca de 40 mil metros quadrados, são constante assunto de discussão dos governantes por estarem inutilizados e precisarem de novo uso, e poderiam ser ocupados pela central de armazenamento pela facilidade de acesso e área disponível. Como é de interesse municipal parte do terreno poderia ser cedido para o novo uso.

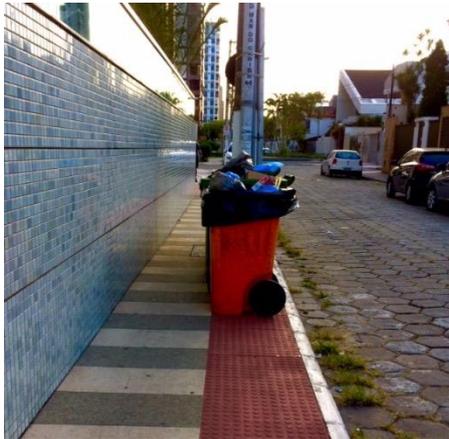
A central não apresenta inconvenientes como mau cheiro ou proliferação de vetores pois os resíduos são armazenados em contêineres herméticos e há tratamento do ar que percorre as tubulações. O fluxo de caminhões para transporte dos contêineres aumentaria no entorno da região da central, em contrapartida não haveriam mais veículos de coleta circulando pelo bairro, que representam maior número por possuírem menor capacidade.

## **COLETA ATUAL**

A coleta atual do bairro ocorre no modelo tradicional pelo modal rodoviário com caminhões

de coleta conforme caracterizado em tópico anterior. Cada rua do bairro possui horário específico de coleta, disponibilizado no site da Prefeitura de Vitória (PMV, 2015). A coleta do lixo ocorre uma vez por dia de segunda a sábado, e também nos feriados. Os caminhões percorrem o bairro no período noturno, com exceção das avenidas Fernando Ferrari e Saturnino Rangel Mauro onde a coleta ocorre no período da manhã.

A coleta noturna pode ser um incômodo em algumas ruas do bairro já que ocorre após as 22 horas, e o caminhão em operação produz muito ruído. O horário de coleta após o fim do horário comercial também ocasiona outro problema, acúmulo de lixo ou containers nas ruas, já que muitos edifícios possuem funcionários apenas em horário comercial. Porém a coleta durante o dia acarretaria em problemas de trânsito e bloqueio de vias. As figuras 11, 12 e 13 mostram os reflexos do acúmulo de containers e sacos de lixo nas ruas do bairro e obstrução de calçadas.



**Figura 11 – Containers ocupando as calçadas**



**Figura 12 - Acúmulo de lixo nas calçadas**



**Figura 13 – Acúmulo de lixo nas calçadas**

**Fonte– Arquivo pessoal (Outubro / 2015). Fonte– Arquivo pessoal**

## **PROJETO CONCEITUAL**

O projeto conceitual representa a consolidação dos dados obtidos do bairro escolhido e dos pré-requisitos do sistema subterrâneo estudados anteriormente, em um desenho esquemático do sistema que servirá de base para etapas seguintes de detalhamento. Esta etapa do projeto busca pré-dimensionar e posicionar os coletores e central de acordo com a demanda do bairro, além de sugerir o traçado da rede de dutos subterrâneos, é a etapa de tomada de decisão. O detalhamento dos elementos do projeto não é objetivo deste trabalho. O estudo elaborado pela Envac para uma área de 938.441m<sup>2</sup> no centro de Curitiba, com população atendida de 7.684 habitantes, também serviu de referência para elaboração da

proposta (ENVAC,2010).

Foi selecionado como ponto de partida um sistema com duas frações, com separação de resíduos recicláveis e não recicláveis. O bairro já possui coleta seletiva, portanto, é importante que também sejam coletados resíduos recicláveis. Como o bairro já se encontra consolidado serão utilizados modelos de coletores em pontos estratégicos nas ruas, instalados em calçadas ou praças de acordo com a disponibilidade de espaço, e não serão instalados coletores nos prédios existentes, o que demandaria obras de maior complexidade e maiores interferências nas edificações.

O cálculo da demanda de coletores foi feito considerando um valor médio de residências por área. Foi adotado como base de cálculo o valor de 60 residências atendidas por conjunto de dois coletores, o que permite acréscimo de demanda nos coletores caso seja necessário. Como o bairro já se encontra consolidado e ocupado, não foram considerados grandes acréscimos de geração de resíduos ou aumento da população. O bairro deverá ter em torno de 190 conjuntos de coletores no total. A distribuição dos coletores ocorrerá por estimativa, distribuídos em função da distância percorrida, média de gabarito e existência de ocupação comercial.

Alguns estabelecimentos do bairro foram considerados grandes geradores e possuirão coletores exclusivos para atender sua demanda individual. São eles: os supermercados Carone e Epa, o clube dos oficiais, e duas escolas do bairro. O restante do comércio de bairro, por ser de pequeno porte, utilizará os mesmos coletores destinados as residências.

Para pré-dimensionamento da central de armazenamento foi considerado a produção de resíduos anual de 397,94 quilos por habitante, dados da prefeitura de Vitória. Como o sistema opera por dia será considerado um volume total de 33.400 quilos de resíduos por dia para todo o bairro, área esta atendida pela central. Levando em consideração o estudo elaborado para uma área no centro de Curitiba (ENVAC, 2010), para o qual foi calculada uma central de 510 m<sup>2</sup> para uma geração de resíduos de 8600 kg/dia. Por analogia, considera-se uma central para o bairro de Jardim da Penha da ordem de 2.000 m<sup>2</sup>. Ainda há a possibilidade de dividir a central em dois núcleos distintos, cada um deles atendendo metade do bairro.

Nesta etapa de projeto não foram consideradas possíveis interferências das tubulações com a infraestrutura subterrânea existente, apenas um direcionamento de traçado foi indicado podendo sofrer alterações no decorrer projeto executivo para adequações as redes existentes. A tubulação será enterrada e segue o eixo das vias para facilitar as obras.

O mapa abaixo, figura 14, indica o esquema de implantação do sistema. Estão indicados, conforme legenda, os pontos de coleta, cada um deles com duas frações, o caminho

sugerido as tubulações subterrâneas, seguindo o eixo das vias, e o local destinado a central de armazenamento. Ao todo são 190 pontos de coleta ao longo do bairro e cerca de 18.500 metros de tubulações.

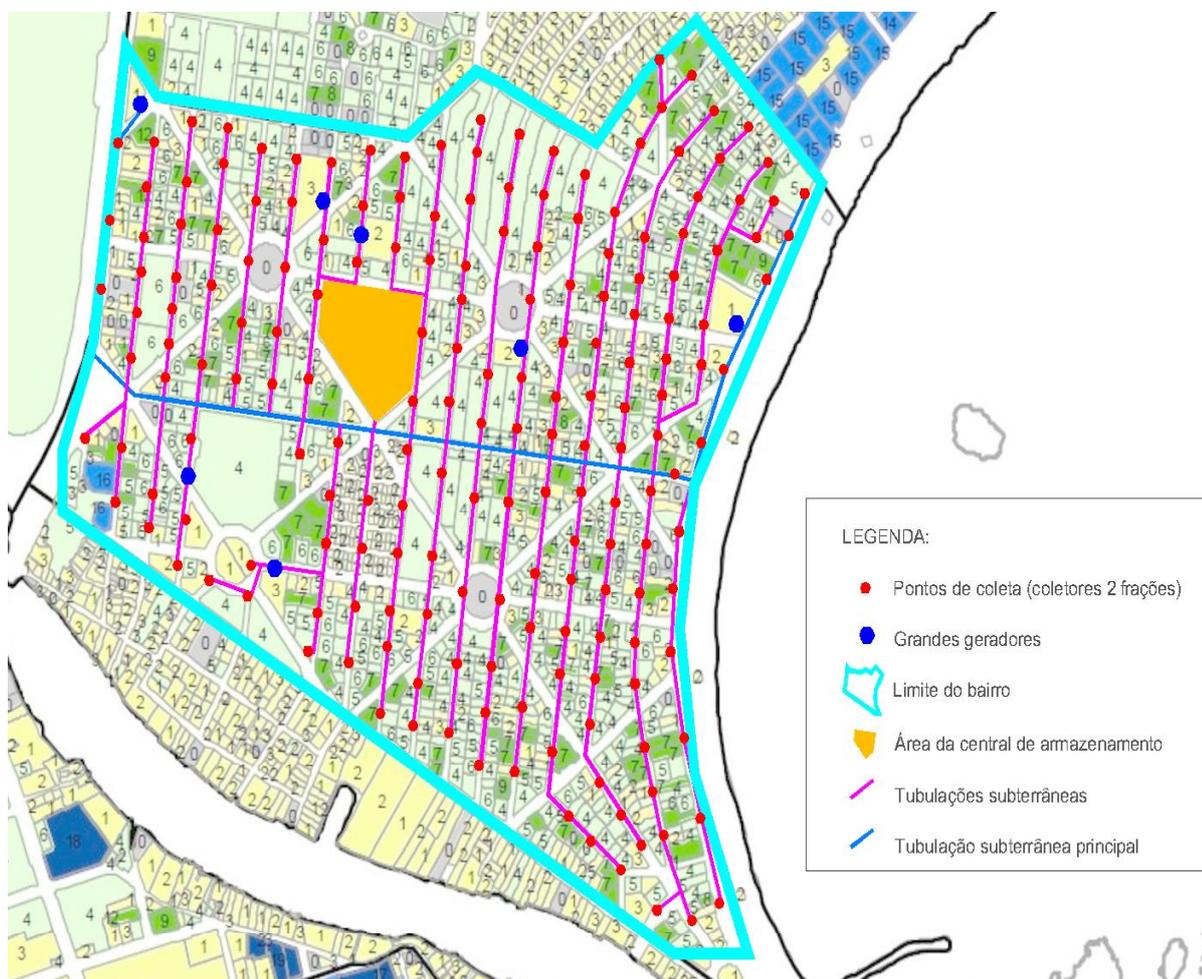


Figura 14 - Mapa de implantação do sistema subterrâneo

Fonte— Elaborada pela autora com base no mapa de número de pavimentos. Prefeitura de Vitória – Secretaria municipal da Fazenda (Junho/2014).

## CONCLUSÃO

O sistema de coleta tradicional brasileiro ainda apresenta problemas de abrangência, deixando de atender muitas regiões. Segundo a ABRELPE (2012), das 62.730.096 toneladas de resíduos gerados no ano de 2012, 56.561.856 toneladas foram coletadas, deixando um grande déficit que acaba tendo destinação incorreta. O problema do lixo se agrava nos centros urbanos onde grandes volumes são gerados todos os dias e há pouco espaço para armazenagem até o momento da coleta. O acúmulo de resíduos nas ruas é problema frequente das grandes cidades.

O sistema de coleta subterrâneo, além de estar disponível 100% do tempo evitando acúmulo de resíduos nas ruas, garante uma maior abrangência. Como são instalados pontos de coleta próximo as residências, que podem ser operados em qualquer horário conforme disponibilidade do usuário, eleva os índices de coleta, minimizando despejos inadequados.

Outro ponto a ser considerado é o fluxo de caminhões de coleta e transferência do modelo tradicional. Além de contribuir para a poluição atmosférica, contribuem para os problemas de trânsito já muito frequentes em centros urbanos. Com o sistema subterrâneo há grande redução do trânsito pesado de caminhões, pois todos os resíduos que saem da central de armazenamento já saem compactados e segregados com destino as centrais de tratamento final. Não há mais caminhões circulando com lixo pelas ruas dos bairros.

Enquanto as centrais de transbordo do sistema tradicional são indesejadas nos bairros residenciais e acabam ficando cada vez mais distantes dos pontos de coleta, as centrais de armazenamento do sistema subterrâneo são silenciosas, não liberam odores, são herméticas, com fluxo reduzido de veículos e podem ficar localizadas dentro de bairros residenciais sem maiores problemas.

Além das questões ambientais e urbanas tratadas acima, os dados de custo de operação do sistema subterrâneo indicam sua superioridade também econômica. Segundo dados do sistema nacional de informações sobre saneamento, (SNIS, 2015), a coleta tradicional custa em média na região sudeste cerca de 116,89 reais por habitante por ano. Dados censitários indicam, para a região de Jardim da Penha, 2,7 habitantes por residência, o que resultaria em um custo estimado de 315,52 reais por unidade residencial no sistema de coleta tradicional em um ano.

Um sistema de duas frações, calculado para a área central de Curitiba pela ENVAC (2010), de configurações semelhantes a proposta para o bairro de Jardim da Penha, teve seu custo operacional orçado em 42,36 euros por habitação, considerando a cotação do euro 4,3 reais, o que resultaria em 182,15 reais de custo anual por residência.

Considerando um horizonte de 20 anos de projeto, a economia de recursos financeiros de caráter operacional com o sistema subterrâneo seria da ordem de 30,5 milhões de reais.

O custo de implantação do sistema subterrâneo é elevado, porém a economia de recursos ao longo de sua operação viabiliza e torna a solução uma boa alternativa ao sistema tradicional. A necessidade de um alto investimento inicial que se paga ao longo do tempo pode ser um dos principais entraves da implantação da solução no Brasil, pois exigiria dos governos altos investimentos iniciais e planejamento.

A mudança de sistema de coleta de resíduos é um processo complexo e gradativo. Porém,

é um investimento a se considerar para termos no futuro cidades mais limpas, e um sistema de coleta mais eficiente. O primeiro passo tem que ser dado em busca da inovação.

A limitação de informações abertas sobre o sistema subterrâneo acabou limitando o trabalho a um estudo preliminar da alternativa, porém de muita importância para mostrar a possibilidade de desenvolvimento de uma proposta mais elaborada executável para a região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2012.

BURKE, Peter. **Uma história social do lixo**. Folha de São Paulo. 2001. Disponível em: [http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs0912200109.htm#\\_ =](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mais/fs0912200109.htm#_=) Acesso em: 07 Jun. 2015.

ENVAC. **FAQ The Stationary Vacuum System**. 2012a. Apostila disponibilizada pelo escritório da Envac no Brasil contando sobre o sistema de coleta pneumática.

ENVAC. **Sistemas de coleta pneumática para uma gestão de resíduos sustentável**. 2012b. Apostila disponibilizada pelo escritório da Envac no Brasil contando sobre o sistema de coleta pneumática.

ENVAC. **Sistema de coleta automatizada de resíduos área 1.1.07 – Centro de Curitiba**. 2010. Estudo preliminar disponibilizado pelo escritório da Envac no Brasil.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 200p. 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: < <http://censo2010.ibge.gov.br/> > Acesso em: 05 out. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Disponível em < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo\\_coletado/lixo\\_coletado109.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm) >. Acesso em: 03 jun. 2015.

JUCA, J. F. T. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Anais... In: 5º Congresso Brasileiro de Geotécnica Ambiental. Porto Alegre, RS. 2003.

LEITE, Carlos. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes**. SP: Bookman Cia. Ed. 2012.

PMV, Prefeitura de Vitória. 2015. **Horário da coleta domiciliar por bairro**. Disponível em <  
[http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/coleta\\_domiciliar](http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/coleta_domiciliar) Acesso em: 01 Out. 2015.

SNIS, Sistema Nacional de informações sobre saneamento. Disponível em: <  
<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013>>. Acesso em: 01 Out. 2015.