

# **REDE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UM ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO PARA ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA**

**Juliana Chaves Fontes Lima**  
**Paulo Sérgio de Arruda Ignacio**

**Emília Wanda Rutkowski**  
Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

## **RESUMO**

No Brasil as recentes legislações sobre resíduos sólidos urbanos incentivam a cooperação intermunicipal para soluções conjuntas de gerenciamento de resíduos, dentre as deficiências comuns na gestão municipal está a precariedade do transporte, armazenagem e destinação final. Os gastos com o transporte dos resíduos representam elevadas quantias dos orçamentos municipais e geralmente adotam técnicas e equipamentos ultrapassados. Este estudo sugere a adoção da premissa logística de consolidação de cargas para a melhoria do gerenciamento municipal dos resíduos a partir da implantação de uma rede de transporte envolvendo o transbordo dos resíduos e coordenação de veículos. Analisando os dados do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas, São Paulo, Brasil, desenvolveu-se um estudo de localização para implantação de uma estação de transferência de resíduos de modo a integrar a rede de transporte de resíduos nestes municípios e reduzir os custos.

## **ABSTRACT**

In Brazil the recent legislation on urban solid waste stimulate the intermunicipal cooperation for joint solutions to waste management, among the common deficiencies in the municipal management are the precariousness of the transport, storage and disposal. The expenses with the transport of the residues represent high amounts of the municipal budgets and generally they adopt exceeded techniques and equipment. This study it suggests the adoption of the logistic premise of cargo consolidation to improve the management of municipal waste from the implantation of a transport net involving transfer stations and coordination of vehicles. Analyzing the data from the Intermunicipal Consortium for Solid Waste Management in the Metropolitan Region of Campinas, São Paulo, Brazil, has developed a location study for the implementation of a waste transfer station in order to integrate the transport network of waste in these cities and reduce costs.

## **1. INTRODUÇÃO**

O processo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos consiste nas atividades desde o recolhimento do 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. A coleta e o transporte dos resíduos domiciliares produzido em imóveis residenciais, em estabelecimentos públicos e no comércio pequeno são, em geral, efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza urbana (MONTEIRO, 2001).

A Política Nacional (LF 1.2305/2010) e Política Estadual (LE 12.300/06) de Resíduos Sólidos incentivam a cooperação intermunicipal e formação de consórcios para gerir os resíduos sólidos urbanos. Uma vez que 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 dos resíduos (IPT, 2000) as operações compartilhadas entre municípios podem contribuir significativamente para minimizar os custos desse gerenciamento. Na região metropolitana de Campinas os municípios de Americana, Hortolândia, Monte Mor, Nova Odessa, Santa Bárbara d'Oeste e Sumaré se consorciaram desde 2009 para compatibilizar uma gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. A primeira ação desse consórcio consistiu no desenvolvimento do “Plano Integrado de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas” que apresenta o diagnóstico dos atuais processos de gerenciamento de resíduos nestes municípios e diretrizes

para soluções conjuntas. A partir dessas informações este estudo analisa a proposição de minimizar os custos de transporte com a estruturação de uma rede integrada de transporte que consolide a carga e os veículos do processo através da instalação de uma estação de transferência.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos define o gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A adoção de certas técnicas e a falta de otimização dos processos de coleta e transporte dos resíduos podem acarretar em elevados custos de manutenção no sistema municipal de gerenciamento de resíduos. O planejamento logístico à medida que envolve as operações de transporte, de acondicionamento, de planejamento e controle de rotas, pode ter uma grande importância no processo de destinação de resíduos, em combinação com práticas como a reciclagem, pode minimizar significativamente o uso de aterros de resíduos.

Com a crescente expansão urbana nas cidades brasileiras, segundo Monteiro (2001), vem observa-se que os aterros sanitários estão sendo implantados cada vez mais distante dos centros da massa de geração de resíduos em decorrência de exigências ambientais, da resistência da população em aceitar a implantação, próximo as suas residências, de empreendimentos ligados à disposição final de resíduos e da valorização dos terrenos urbanos elevando o custo do terreno para área estabelecimento de um aterro.

Entretanto essa tendência de aumento na distância entre os pontos de coleta dos resíduos e o aterro sanitário causa problemas como atraso nos roteiros de coleta, aumentando o tempo de permanência do lixo nas ruas; aumento do tempo improdutivo de trabalhadores à espera do retorno do veículo que foi descarregar no aterro; aumento do custo de transporte; redução da produtividade dos caminhões de coleta, que são veículos especiais e caros. (Monteiro, 2001). Alguns municípios vêm optando pela implantação de estações de transferência ou de transbordo de resíduos como forma de resolver alguns desses problemas.

O princípio logístico de consolidação alicerça a alternativa de implantação de uma estação de transferência para redução nos custos do transporte de resíduos uma vez que o transporte para o aterro sanitário dos resíduos descarregados nas estações de transferência é feito por veículos de maior porte e de menor custo unitário por frete.

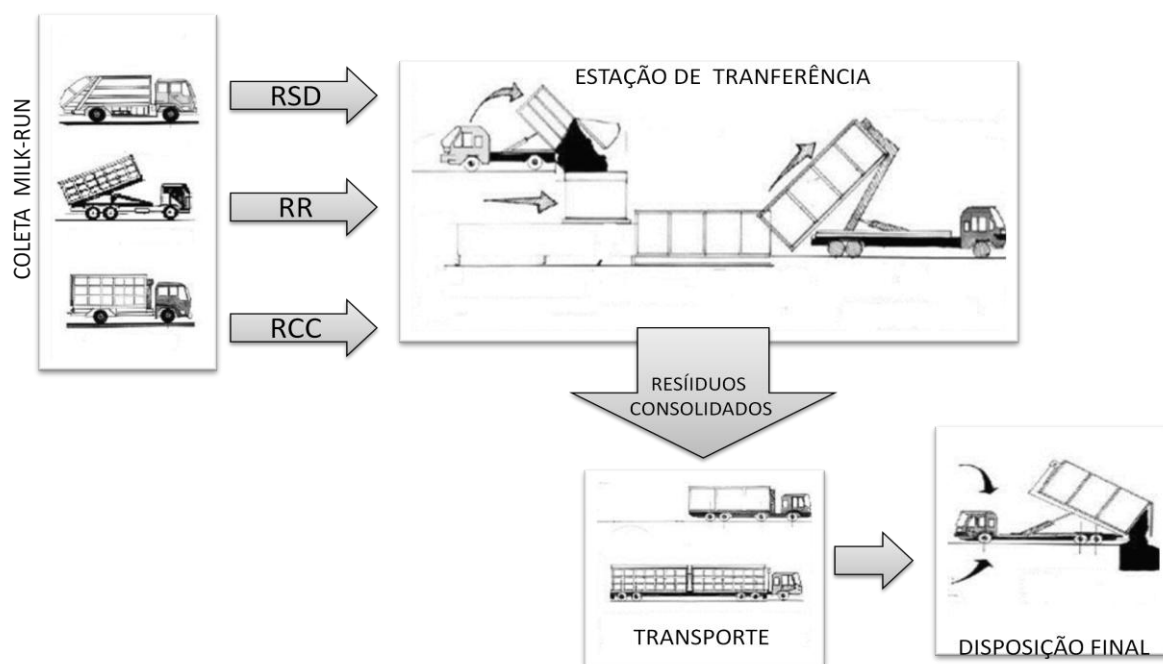
### **1.1 Consolidação de Cargas**

De modo geral, a consolidação de cargas consiste em criar grandes carregamentos a partir de vários pequenos volumes, e resulta em economia de escala dos custos de transporte. É preciso um bom gerenciamento para utilizar este método, pois é necessário analisar quais cargas podem esperar um pouco mais e serem consolidadas. Se mal executado, compromete a qualidade do serviço de transportes, pois gera atrasos.

No processo de gerenciamento de resíduos envolvendo os seis municípios, pode-se gerar economia principalmente em relação aos custos para a destinação final, uma vez que atualmente cinco destes municípios custeiam o transporte de resíduos e aterramento até o município de Paulínia-SP, o que significa um deslocamento de 10 a 25 Km .

No modal rodoviário a consolidação de cargas é um dos principais mecanismos para reduzir os custos de transporte ao trabalhar com grandes volumes utilizando a plena capacidade com os maiores veículos possíveis. A estratégia mais simples para se consolidar cargas é postergar os embarques para uma determinada rota, até que haja carga suficiente para atingir a capacidade máxima do veículo utilizado. No caso de transporte de resíduos essa estratégia pode ser empregada dependendo do tipo de resíduo devendo-se considerar a existência de degradação e risco sanitário de postergar a destinação, sendo assim é aplicável ao transporte de resíduos da construção civil, de poda e varrição, de recicláveis e aos resíduos domiciliares (desde que se estabeleça um prazo máximo de postergação desta carga para destinação por este resíduo conter rejeitos orgânicos).

A maneira de alcançar a consolidação é através da montagem de uma rede de instalações envolvendo estações de *cross-docking* ou de transferência (ver **Figura 1**), onde através da coordenação entre veículos de grande porte, para transferências entre terminais, e veículos de pequeno porte, para coleta e entrega, torna-se possível alcançar consolidação da carga e otimização da capacidade dos veículos de transporte.



**Figura 1:** Ilustração de uma operação de *cross-docking* de resíduos com consolidação de carga e veículos (RSD – resíduos sólidos domiciliares, RR- resíduos recicláveis, RCC – resíduos da construção civil)

De acordo com Ballou (2006) a consolidação de cargas pode ser alcançada de quatro maneiras: consolidação do estoque, do veículo, do armazém e temporal. Dentre estas, as formas aplicáveis ao gerenciamento de resíduos do consórcio consistem em:

#### 1.1.1 Consolidação do estoque

É criado um estoque dos produtos a partir do qual a demanda é atendida. Isto permite embarques maiores e até cargas completas de veículos. Para uma rede técnica de resíduos sólidos pode-se consolidar estoques em ecopontos, cooperativas e associações de catadores com estoque de materiais recicláveis.

### *1.1.2 Consolidação do veículo*

Viabilizada quando as coletas envolvem quantidades incompletas de veículo, mais de uma coleta é colocada no mesmo veículo de modo a alcançar um transporte mais eficiente. Aplicável a coleta de um mesmo tipo de resíduo, como a coleta de resíduos de serviço de saúde, que é realizada em veículos especiais e nem sempre com capacidade completa, podendo o consórcio consolidar os veículos de todos municípios já usados para este resíduo.

### *1.1.3 Consolidação do armazém*

Baseada na razão fundamental para armazenar, que é permitir o transporte de tamanhos grandes de embarque sobre distâncias longas e o transporte de tamanhos pequenos de embarque sobre distâncias curtas. São exemplos os armazéns ou estações usados para operações de desmembramento de volumes tipo *cross-docking*. Bowersox (2001) comenta que, do ponto de vista da economia de transportes, o armazém ou estação de transbordo é usado para obter máxima consolidação de cargas. Desta forma, o potencial de consolidação de carga justifica o estabelecimento de um depósito.

## **1.2 Estações de Transferência**

Uma estação de transferência ou transbordo é uma instalação com uma área designada para recepção temporária de resíduos, onde veículos de coleta de lixo descarregam suas cargas, o resíduo é compactado, e posteriormente carregado em veículos de maior capacidade para ser transportado a longos percursos até o local de eliminação final, geralmente um aterro (US EPA, 2001). O objetivo dessas estações é reduzir o tempo gasto no transporte e, conseqüentemente, os custos com o deslocamento do caminhão coletor desde o ponto final do roteiro até o local de disposição final do lixo.

Conforme Monteiro (2001) em relação à modalidade de transporte, os sistemas de transferência podem ser:

- Ferroviário: indicado para longas distâncias ou para cidades que não apresentem boas condições de tráfego rodoviário. Necessita de sistema rodoviário complementar para transportar o lixo da área de desembarque de carga até as frentes de trabalho da disposição final.
- Rodoviário: sistema mais empregado é recomendável para distâncias médias de transporte e para locais que não tenham o sistema de tráfego saturado.

E podem ser estruturadas em dois modelos:

- Estação com transbordo direto: contam com um desnível entre os pavimentos, para que os caminhões de coleta, posicionados em uma cota mais elevada, façam a descarga do lixo do caminhão de coleta diretamente no veículo de transferência. Por não contarem com local para armazenamento de lixo, estas estações necessitam de uma maior frota de veículos de transferência para assegurar que os caminhões de coleta não fiquem retidos nas estações aguardando para efetuar a descarga dos resíduos.
- Estação com armazenamento e compactação: além de armazenar resíduos tem como principal objetivo obter o aumento da massa específica dos resíduos visando à redução das despesas com transporte.

Os principais critérios usados para decidir sobre a localização de uma estação de transferência tem sido a minimização dos custos de transporte, uma vez que é mais barato transportar grandes quantidades de resíduos a longas distâncias em grandes cargas do que em pequenas

(BOVEA ET AL., 2007). A Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (US EPA) também recomenda a utilização de estações de transferência de resíduos para a redução do custo de transporte até a disposição final. Explicitando que ao consolidar as cargas menores de veículos de coleta em cargas maiores além de reduzir os custos de transporte de veículos, diminui o deslocamento das equipes de coleta permitindo mais tempo para a coleta de resíduos no meio urbano. Além de contribuir para redução do consumo de combustível e dos custos de manutenção dos veículos de coleta, produzir menos tráfego, e diminuir as emissões de carbono e o desgaste das estradas. As áreas de transbordo de resíduos podem servir para a triagem dos resíduos de modo a remover os materiais recicláveis que iriam para o aterro e gerar alguma receita com sua comercialização. Conferem ainda flexibilidade para os tomadores de decisão selecionar locais de disposição final com o melhor custo-benefício e adequação ambiental mesmo que sejam mais distantes.

## **2. METODOLOGIA**

A estratégia metodológica consistiu em analisar a redução de custos com transporte de resíduos dos municípios consorciados considerando a implantação de uma estação de transferência através da qual se dará a consolidação dos veículos e o compartilhamento do frete final até o aterro sanitário. A primeira etapa consistiu na caracterização do transporte de resíduos nos municípios do consórcio com dados do “Plano Integrado de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas” (CIMRS-RMC, 2010); a segunda etapa consistiu no estudo de localização de uma estação de transferência para os resíduos sólidos doméstico usando-se a metodologia de centro de gravidade geográfica com o atributo peso dos resíduos gerados mensalmente; e finalizando comparou-se os custos de transporte com e sem a estação de transferência, as informações de custos de transporte foram obtidas no relatório “O Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de Campinas” da AGE CAMP (2006).

### **2.1 Estudos de Localização de Centros de Distribuição**

Na gestão logística utilizam-se estudos de localização como parte da análise de implantação de instalações como centros de distribuição, depósitos de transferência e armazéns de cross-docking. Segundo Bowersox (2001) o objetivo do estudo de localização é responder às seguintes questões: a quantidade de instalações que a empresa deve ter e onde devem estar localizados; os clientes e as áreas do mercado que devem ser servidos a partir de cada instalação; e os tipos de produtos que devem ser armazenadas em cada instalação. Nos processos de coleta e destinação final de resíduos os fornecedores da rede são os geradores de resíduos ou o município que é responsável pela adequada disposição e o cliente será o destino final, como um aterro ou usina de incineração. Bowersox (2001) comenta que, do ponto de vista da economia de transportes, o armazém ou estação de transbordo é usado para obter máxima consolidação de cargas. Desta forma, o potencial de consolidação de carga justifica o estabelecimento de um depósito.

As três técnicas de análise mais utilizadas são: técnicas analíticas, técnicas de programação linear; e técnicas de simulação (Ballou, 2006; Bowersox, 2001). As técnicas analíticas são as baseadas na geometria analítica. Elas identificam o centro de gravidade geográfico da rede logística. A técnica analítica é muito apropriada para localização de uma única instalação. Para se resolver o problema de localização para mais de uma instalação é necessário utilizar as técnicas baseadas em programação linear e simulação.

Por se tratar de uma única estação de transferência para a rede de transporte utilizou-se a técnica analítica para determinar a melhor localização com o cálculo do centro de gravidade. O centro de gravidade pode ser de peso, de distância, uma combinação de peso-distância ou uma combinação de peso-tempo-distância. A utilização da geometria analítica para determinar o centro de gravidade da rede logística resume o problema de localização ao cálculo da média ponderada pelo peso, distância ou das combinações peso-distância e peso-tempo-distância, dependendo do centro de gravidade escolhido, e é representada pela seguinte expressão:

$$Cx = \frac{\sum dixVi}{\sum Vi} \text{ e } Cy = \frac{\sum diyVi}{\sum Vi}$$

Onde:

Cx = coordenada x do centro de gravidade

Cy = coordenada y do centro de gravidade

dix = coordenada x do i-ésimo local

diy = coordenada y do i-ésimo local

Vi = volume de bens movimentados para o i-ésimo local

O resultado dos cálculos são as coordenadas x e y do centro de gravidade procurado, que corresponderá a localização da instalação. Assim, uma estação de transbordo de resíduos deve localizar-se mais próxima a região que tem uma maior demanda de transporte de resíduos, ou seja, aquela que tem a maior geração de resíduos atrairá para próximo de si a estação de transbordo.

### 3. A REDE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS DO CONSÓRCIO DA RMC

A geração de resíduos sólidos nas cidades é bastante variável e influenciada por uma série de fatores, como renda, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana, padrão de consumo, etc. Nos seis municípios do consórcio a geração de resíduos se diferencia conforme os aspectos populacionais e econômicas dos municípios, as características de cada município são apresentadas na Tabela 1, e na Tabela 2 estão as informações sobre a geração, coleta e transporte dos resíduos domiciliares com base nos dados da Agecamp (2009) e do CIMRS-RMC (2010).

**Tabela 1:** Características dos municípios consorciados na RMC (Fonte: Plano Diretor de gestão dos resíduos sólidos da região metropolitana de campinas – RMC, Agemcamp, 2009)

Município	Área total (km <sup>2</sup> )	Pop. Urbana 2009	Densidade hab. urb/ha
Americana	144	205.473	14,27
Hortolândia	62	200.318	32,31
Monte Mor	236	46.623	1,97
Nova Odessa	62	47.385	7,64
Sta. Bárbara d'Oeste	270	188.786	6,99
Sumaré	164	235.412	14,35

**Tabela 2:** Características da geração dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios consorciados na RMC (Fonte: Plano Integrado de Resíduos Sólidos, CIMRS-RMC, 2010)

Município	Peso diário produzido (ton/dia)		Peso mensal produzido (ton/mês)	Tipo de veículo coletor	Capacidade do veículo coletor	Destinação final
Americana	172		4.135	Compactador	8 ton	Aterro Estre (Paulínia-SP)
Hortolândia	130		2.600	Compactador	15 m³	Aterro Estre (Paulínia-SP)
Monte Mor	20	600	Compactador	6 ton	Aterro Corpus (Indaiatuba-SP)	
Nova Odessa	45	1.149	Compactador	12 m³	Aterro Estre (Paulínia-SP)	
Sta. Bárbara d'Oeste	111	2.902	Compactador	8 ton	Aterro municipal	
Sumaré	142	3.696	Compactador	15 m³	Aterro Estre (Paulínia-SP)	

O diagnóstico do gerenciamento dos resíduos apresentado no “Plano Integrado de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas” (CIMRS-RMC, 2010) identificou os fluxos de transporte de quatro tipos de resíduos em cada município: resíduos domiciliares, resíduos recicláveis, resíduos de construção civil e resíduos de serviços de saúde. Para o estudo de localização utilizou-se apenas as informações relativas ao transporte dos resíduos sólidos domiciliares por estes representarem maior volume e demanda constante à gestão municipal. A **Figura 2** apresenta o fluxo de transporte dos resíduos domiciliares.



**Figura 2:** Fluxo de transporte dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios consorciados

Os principais aspectos negativos identificados em relação ao transporte de resíduos nestes municípios foram: (i) o transporte representa um dos maiores gastos da administração municipal, (ii) elevados custos com manutenção da frota de coleta e destinação final; (iii) a geração flutuante; (iv) a coleta e o transporte realizados por empresas licitadas com contratos longos e pagamento por tonelada transportada; (v) onerosos gastos com a destinação final em outros municípios (CIMRS-RMC, 2010).

Visando mitigar os problemas detectados o Plano de Manejo (CIMRS-RMC, 2010) propõe que os municípios estabeleçam a integração de suas redes de transportes configurando uma rede compartilhada para o consórcio, com a adoção das seguintes práticas de gerenciamento de transportes:

- Roteirização da frota: roteirização específica para cada fluxo de resíduo;
- Coleta *milk-run*: organização e planejamento das atuais rotas de coleta;

- Consolidação de veículos: uso de veículos diferentes para cada etapa do transporte otimizando a capacidade de carga de acordo com a distância a ser percorrida;
- Consolidação de cargas: implantação de estações de transferência para resíduos domiciliares, de construção civil e recicláveis;
- Operação *cross-docking*: implantação de uma estação de transferência e destinação final única e próxima ao município de maior demanda.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A partir da proposta do Plano de Manejo do consórcio (CIMRS-RMC, 2010) para de “implantação de uma estação de transferência e destinação final única e próxima ao município de maior demanda”, e visando a gestão compartilhada no consórcio, o estudo de localização considerou a necessidade de apenas uma instalação de transferência e adotou a destinação final para um único aterro, como sendo o aterro privado Estre, atual destino da maioria dos municípios.

### 5.1 Localização da Estação de Transferência

Por se tratar de apenas uma instalação de transbordo usou-se a técnica de geometria analítica para definir a melhor localização da estação de transferência. Para o cálculo do centro de gravidade empregou-se os dados de geração em peso conforme informações apresentadas na **Tabela 3**, não foi considerado no cálculo o município de Santa Barbara d’Oeste uma vez que não existiam informações de custos de transporte deste município.

**Tabela 3:** Dados para cálculo de coordenadas do centro de gravidade

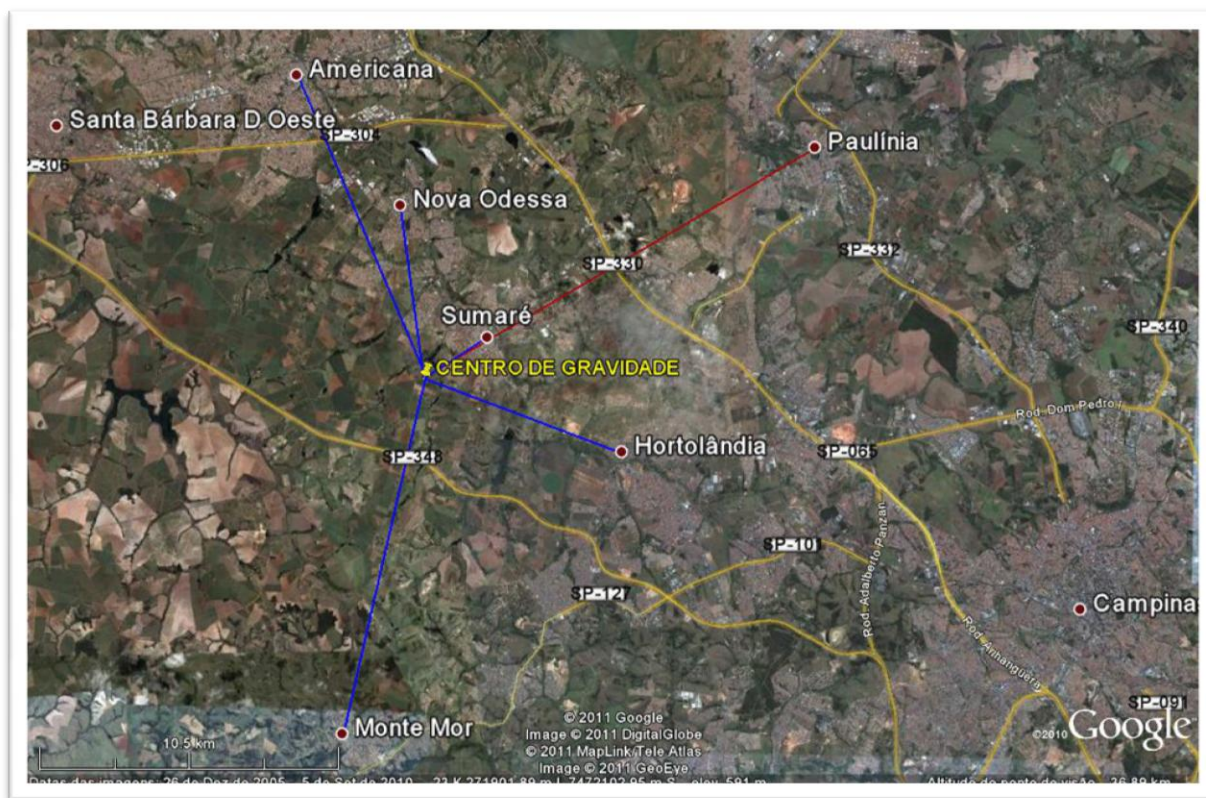
Município	Coordenadas x (dix)	Coordenadas y (diy)	Vi (ton)
Americana	26064.75	748312.50	4.135
Hortolândia	272392.87	7470671.82	2.600
Monte Mor	262504.67	7460557.53	600
Nova Odessa	264189.14	7479310.56	1.149
Sumaré	267149.47	7474581.53	3.696
<b>CENTRO DE GRAVIDADE</b>	Cx 265161.57	Cy 747290.22	12.180

Para representar o resultado do cálculo utilizou-se o *software Google Earth* para alocar localização recomendada pelo método de centro de gravidade (**Figura 3**) e para calcular as distâncias médias para o cálculo dos fretes.

O cálculo resultou na localização do centro de gravidade no município de Sumaré situado a cerca de 16 km do aterro Estre em Paulínia, SP. Monteiro (2001) constata que normalmente as estações de transferência são implantadas quando a distância entre o centro de massa de coleta e o aterro sanitário é superior a 25 km. Em grandes cidades nas quais as condições de tráfego rodoviário tornam extremamente lento os deslocamentos, é possível encontrar estações implantadas em locais cuja distância do aterro sanitário é inferior a 20 Km. Considerando, entretanto, os altos custos de transporte que estes municípios tem atualmente por realizarem o transporte dos resíduos nos próprios caminhões coletores e o encaminharem diretamente para



o aterro Estre, o tempo ocioso da equipe de coleta nos intervalos de descarga dos resíduos no aterro, e a economia nos custos de transporte com a consolidação da carga, dos veículos e o compartilhamento do frete final até o aterro, justifica-se a recomendação de implantação da estação de transferência na região definida pelo centro de gravidade para atender simultaneamente a estes municípios.



**Figura 3:** Localização do centro de gravidade para estação de transferência de resíduos do consórcio intermunicipal

De acordo com Gil e Kellerman (1989), existem três razões pelas quais estações de transferência são úteis. Primeiro porque os municípios pequenos e médios não geraram quantidade de resíduos suficiente para sustentar uma instalação de armazenagem. Segundo, se há uma grande distância da coleta ao ponto de disposição o uso dos caminhões de coleta (veículos especiais) para esse transporte podem ser excessivamente elevados. Em terceiro lugar, as estações de transferência viabilizam a existência de uma única área para disposição final, em local remoto e que serve a várias comunidades evitando os impactos ambientais negativos de um aterro em áreas residenciais.

## 5.2 Custos de Transporte

Para análise dos custos de transporte sem e com a estação de transferência foram usadas dados de custo de coleta e transporte levantadas no trabalho “Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos na Região Metropolitana de Campinas – Aspectos Financeiros” da Agemcamp (2006). Tendo em vista que o consórcio intermunicipal pode recorrer a recursos federais e estaduais para a construção da instalação de transferência, e dada a ausência de dados sobre custo de operação de estações de transferência no Brasil, a análise dos custos de transporte compara apenas os custos de transporte desse resíduo dos trajetos município ao aterro Estre

(Paulínia-SP) com e sem a estação de transferência, desconsiderando assim os custos de construção, operação e equipamentos da estação de transferência e os custos da diferenciação frota de caminhões com maior capacidade de carga. A **Tabela 4** a seguir apresenta a análise de custos, a partir das distâncias considerando a localização da estação de transferência definida pelo centro de gravidade utilizou-se os custos de coleta e transporte declarado pelos municípios estabeleceu-se o custo por quilômetro e custo de transporte por trecho, a redução de custos com a implantação da estação de transferência é apresentada em porcentagem por município.

**Tabela 4:** Comparativo dos custos de transporte com implantação de uma estação de transferência em Sumaré-SP

Município	Geração (ton/mes)	Trajetos de Transporte	Distância média percorrida	Custo médio por km (R\$/km)	Custo de coleta e transporte por trecho (R\$/ton)
Americana	4.135	A - Paulínia (Aterro Estre)	25	R\$ 2,40	R\$ 60,00
		B - Estação de transferência (X)	11,5		R\$ 27,60
		C - ET-Paulínia (frete compartilhado)	16	R\$ 4,17	R\$ 13,36
		Redução no custo do total de transporte			31,74%
Hortolândia	2.600	A - Paulínia (Aterro Estre)	15	R\$ 4,07	R\$ 61,00
		B - Estação de transferência (X)	7,5		R\$ 30,50
		C - ET-Paulínia (frete compartilhado)	16	R\$ 4,17	R\$ 13,34
		Redução no custo do total de transporte			28,12%
Monte Mor	600	A - Indaiatuba (Aterro Corpus)	20	R\$ 5,05	R\$ 101,00
		B - Estação de transferência (X)	13		R\$ 65,65
		C - ET-Paulínia (frete compartilhado)	16	R\$ 4,17	R\$ 13,34
		Redução no custo do total de transporte			21,79%
Nova Odessa	1.149	A - Paulínia (Aterro Estre)	15	R\$ 3,47	R\$ 52,00
		B - Estação de transferência (X)	6,1		R\$ 21,15
		C - ET-Paulínia (frete compartilhado)	16	R\$ 4,17	R\$ 13,34
		Redução no custo do total de transporte			33,67%
Sumaré	3.696	A - Paulínia (Aterro Estre)	10	R\$ 5,88	R\$ 58,84
		B - Estação de transferência (X)	2,65		R\$ 15,59
		C - ET-Paulínia (frete compartilhado)	16	R\$ 4,17	R\$ 13,34
		Redução no custo do total de transporte			50,82%

A análise de custos revela uma redução média de 33% nos custos com transporte de resíduos até o destino final na alternativa de utilizar-se uma estação de transferência em Sumaré para o transbordo e consolidação dos resíduos antes do aterramento. Apesar de não considerar os custos de construção e manutenção dessa instalação esse resultado aponta a tendência de que as operações de transporte conjuntas já acarretarão economia nos custos de cada município. A implantação de uma estação de transferência deve ser precedida de estudo de viabilidade que avalie seus ganhos econômicos e de qualidade para todo o sistema de coleta.

Para estudar a viabilidade econômica de uma estação de transferência de resíduos a Agência Americana de Proteção Ambiental (US EPA, 2001) utiliza uma comparação dos custos diretos e dos custos com o transbordo a partir dos seguintes pressupostos:

- custo para construir, operar e transferir-estação dólares por tonelada \$ 10;
- média da carga do caminhão de coleta de transportar diretamente para aterro 7 toneladas;
- média de transferência de carga do caminhão transportando da estação de transferência para aterro 21 mil toneladas;
- custo médio de transporte por caminhão, de dólares por milha (1,61Km) de \$ 3.

A comparação revela um ponto de equilíbrio para a tomada de decisão quanto a instalação de uma estação de transferência, baseado nos pressupostos anteriores é viável ter uma estação de transferência quando a distância de ida e volta seja superior a 35 milhas (56,3Km), e quando a distância de ida e volta é menor que 35 milhas (56,3Km), o trajeto direto é mais rentável. É necessário fazer essa análise com informações completas e dos custos no mercado brasileiro para os municípios do consórcio, no entanto considerando a referência americana para o atual cenário, alguns dos municípios destinam seus resíduos em aterros, distante cerca de 20Km, se aproximam do ponto de equilíbrio para tornar viável a instalação de uma estação de transferência.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir da identificação da rede de transportes de resíduos nos municípios do consórcio este estudo sugere a adoção da premissa logística de consolidação de cargas como princípio norteador para a melhoria do gerenciamento dos resíduos quanto à eficácia logística. Através da estruturação de uma rede de instalações envolvendo estações de transferência e coordenação de veículos de grande e de pequeno porte, torna-se possível alcançar consolidação da carga e otimização da capacidade dos veículos de transporte. O objetivo das estações de transferência é reduzir o tempo gasto no transporte e, conseqüentemente, os custos com o deslocamento do caminhão coletor até o local de disposição final do resíduo. Com a implantação de estações de transferência pode-se alcançar benefícios como maior controle e segurança sanitária no transporte e destinação dos resíduos; redução nos custos de coleta e transporte final; redução da poluição do ar pelo menor consumo de combustíveis e menor desgaste das estradas por consolidar o lixo em menos veículos; redução do tráfego nos aterros.

Os principais critérios tradicionalmente utilizados para decidir sobre a viabilidade da implantação de uma estação de transferência em um sistema de gestão de resíduos são a minimização dos custos econômicos de transporte de coleta e transporte da estação para a disposição final, já que o frete para transportar grandes quantidades de resíduos a longas distâncias é mais barato do que cargas pequenas (Tchobanoglous et al., 1993). Esse estudo mostra uma redução média de 33% nos custos de transporte do resíduo ao aterro com o emprego de estação de transbordo em Sumaré-SP, no entanto não avaliou-se o custo de manutenção e operação desta instalação, sugere-se continuidade no estudo e avaliação de fontes de recurso do governo federal como aporte para construção de tal instalação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGEMCAMP (2006). *O tratamento dos resíduos sólidos urbanos na região metropolitana de Campinas*. Agência Metropolitana de Campinas/NESUR/Fluxus: Campinas.
- AGEMCAMP (2009). *Plano Diretor de gestão dos resíduos sólidos da região metropolitana de Campinas – RMC*. Agência Metropolitana de Campinas/Emplasa: Campinas.
- Ballou, R. H. (2006) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial* – 5ª. edição. Porto Alegre: Bookman Editora, 616 p.
- Bowersox, D. J.; Closs, D. J. (2001). *Logística Empresarial o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Editora Atlas, 594 p.
- Bovea, M.D., Powell, J.C., Gallardo, A. & Capuz-Rizo S.F. (2007). *The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system*. Waste Management 27(4): 545-553.
- CIMRS-RMC (2010). *Plano Integrado de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas*. Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos

- da Região Metropolitana de Campinas/Fluxus: Campinas.
- Gil, Y. & Kellerman, A. (1989). *A multicriteria model for the location of solid waste transfer stations: the case of Ashdod, Israel*, Mimeo, Department of Geography, University of Haifa.
- IPT (2000) *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. Instituto de Pesquisa Tecnológicas e Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2.ed. São Paulo.
- Monteiro, J.H. P. (2001). *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 200p.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill, New York.
- US EPA. (2000). *Waste Transfer Stations: Involved Citizens Make the Difference*. EPA530-K-01-003. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington.
- US EPA. (2001). *Waste Transfer Stations: A Manual for Decision Making*. EPA530-K-01-005. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington.

---

MsC. Juliana Chaves Fontes Lima (julianacfl@fec.unicamp.br)  
Prof. Dr. Paulo Sérgio de Arruda Ignacio (ps)  
Profa. Dra. Emília Wanda Rutkowski (emilia@fec.unicamp.br)  
Departamento de Geotecnia e Transportes e Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas  
R. Albert Einstein, 951, 3º andar, sala 08, Campinas, SP, Brasil