



# REVISTA AIDIS

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

## UN PROYECTO PILOTO PARA VIVIR SIN RELLENO MUNICIPAL

\*Manfred Fehr<sup>1</sup>  
Paula Cristina Diniz de Queiroz<sup>1</sup>

*A PILOT PROJECT FOR LIVING WITHOUT A  
MUNICIPAL LANDFILL*

*Recibido el 10 de agosto de 2011; Aceptado el 2 de diciembre de 2011*

### Abstract

The municipality of A has been the object of various studies by the authors' team. In the present case, the objective was to prepare the routing to reach a "zero waste" situation within a timeframe of 15 years. The study provided an analysis of the present state of municipal waste collection and identified all stakeholders with their respective activities and aims. With the data collected and ideas from intellectual zero waste movements, the authors developed a plan for improving the existing operating system towards a situation where the landfill would be unnecessary. This report presents the analysis and the proposed timetable for administrative measures and targets with their respective deadlines.

**Key words:** divided waste collection, local policies for solid waste, long term waste management planning, municipal landfill, urban waste management, zero waste projects.

---

<sup>1</sup> Instituto de Geografía, Universidad Federal

\*Autor correspondiente: Instituto de Geografía, Universidad Federal. 38400 902 Uberlândia MG Brasil.  
Email: [prosec22@yahoo.com](mailto:prosec22@yahoo.com)

## Resumen

La municipalidad de A ya ha sido objeto de varios estudios del grupo de investigación de los autores. El presente trabajo tuvo por objetivo preparar el camino para implantar en la ciudad el proyecto pionero de llegar a la situación de “basura cero” en un plazo de quince años. Para tal, se produjo un análisis de la situación actual de la basura urbana y se identificaron todos los protagonistas con sus respectivas actividades y propósitos. Luego, en base de las ideas defendidas por movimientos intelectuales “basura cero”, se desarrolló un plano para mejorar el sistema existente de manejo de residuos hasta acercarse a una situación donde el relleno no será más necesario. Se presenta el análisis de la situación y se describen los pasos administrativos propuestos con sus respectivos plazos.

**Palabras claves:** gestión de residuos sólidos, plano administrativo de largo plazo para residuos, política local de residuos urbanos, proyecto basura cero, recogida diferenciada de residuos, relleno municipal.

---

## Introducción

### Justificación

Varios movimientos intelectuales mundiales preconizan actualmente la gestión de residuos municipales de manera sostenible. Entre ellos se destacan la Alianza internacional de basura cero (ZWIA 2010) y la Red de la Pegada Ecológica (GEFN 2010). Los programas propuestos por esas redes ya han sido asimilados en muchas ciudades del mundo con la finalidad declarada de se llegar a una situación sin basura para rellenar. La ZWIA indica como principales metas la remoción de residuos biodegradables de los rellenos, la responsabilidad de los fabricantes por sus residuos, la separación en origen de los residuos y la educación ambiental obligatoria en las escuelas. La idea básica es cerrar los ciclos materiales de tal forma que no quede nada para rellenar o incinerar. Varias ciudades de la Oceanía, de la Europa y de la América del Norte ya tienen legislación que obliga el reciclaje completo de los residuos en plazos variados. Como ejemplo se indica la ley del ciclo económico, válida en Europa, que exige de los gestores de residuos lo siguiente: A partir de 2015 papel, metal, plástico, vidrio y todos los residuos biodegradables deben ser colectados separadamente. A partir de 2020 el 50% de la recogida de papel, metal, plástico y vidrio y el 70% de los residuos de la construcción y de la demolición deben ser reciclados para nuevos usos. Las administraciones locales son obligadas a presentar anualmente informes con pruebas del cumplimiento de esas directrices. Las administraciones regionales deben establecer programas públicos que muestren como alcanzar las metas. Los operadores de rellenos son obligados a emitir informes anuales acerca de la cantidad y de la composición de los residuos recibidos en los rellenos (European 2010). Estudios hechos en Canadá indican que la mejor solución ambiental para residuos urbanos consiste en reciclar los componentes inertes y fabricar compost con los componentes biodegradables (Belkorp 2010). Esta conclusión es tan obvia que ni necesitaba de estudios, pero su significado para países emergentes como Brasil reside en la composición de los residuos urbanos. Aproximadamente el 70% de los residuos domiciliarios en Brasil son biodegradables, contra aproximadamente el 30% en Canadá, y así la exigencia de compostaje cambia de nivel.

La justificación del presente estudio reside en la búsqueda de una solución para ciudades brasileñas de aproximadamente cien mil habitantes, y la municipalidad de A, que no se necesita identificar aquí, se ofreció a servir de ejemplo. La idea básica del procedimiento dice que con los conocimientos actuales de tecnología y gestión, ya no se justifica dejar los ciclos materiales abiertos en forma de rellenos. Hay que evolucionar hacia un sistema gerencial con ciclos cerrados. Evidentemente, el cambio no se producirá de inmediato. Plazos razonables serán necesarios, y 15 o 20 años se consideran períodos aceptables.

### Hipótesis

El estudio partió de la hipótesis que es posible llegar a la situación de cero basura en una ciudad brasileña de cien mil habitantes en un plazo de quince años, si existe voluntad administrativa y un plano detallado con plazos razonables. La administración municipal de A ya había mostrado voluntad de colaborar con la colecta de datos para este estudio. La parte que correspondió a los autores era desarrollar el plano con los plazos.

### **Metodología**

Se colectaron datos sobre los residuos urbanos y su gestión junto a la administración municipal por medio de entrevistas a personas afectadas a las cuestiones del medio ambiente. Las experiencias en las escuelas con la educación ambiental fueron anotadas en entrevistas con las directoras. Se cubrió todo el universo de 27 escuelas en la ciudad. Informaciones sobre el manejo de residuos en las escuelas fueron obtenidas de los responsables por la cantina y por la limpieza. Se averiguaron las actividades de las cooperativas de colectores de residuos secos que existen en la ciudad. Ideas y experiencias internacionales fueron conseguidas de las publicaciones de la ZWIA (2010). Se entrevistaron los dueños de las principales empresas de la logística reversa para obtener datos sobre la cantidad de material comercializado. Existía un proyecto de compostaje en la cárcel donde se colectaron datos sobre la cantidad de material manejado. En los archivos de los departamentos municipales de medio ambiente y de obras fueron obtenidos datos cuantitativos sobre la limpieza urbana. A partir de esos datos fue preparado el diagnóstico de la situación actual de los residuos urbanos y de su gestión.

Los autores acompañaron y analizaron todo el movimiento de la basura en la ciudad. Observaron la recogida de material seco por los colectores autónomos y por los asociados de cooperativas. Observaron la recogida de material mezclado por los camiones compactadores de la empresa contratada por la administración pública. Observaron el movimiento de los residuos de servicios de salud y de la construcción civil. Quedó evidente, por ejemplo, que los camiones usados para recoger la basura mezclada no son apropiados para esa tarea. Son apropiados para la basura de países desarrollados donde el 70% de la basura es material seco voluminoso. En ese caso conviene compactar para reducir el volumen. En países emergentes solamente el 30% de la basura domiciliaria es material seco y el resto es materia biodegradable que es sumamente

húmeda y que por su naturaleza ya está compacta. El camión no consigue reducir el volumen, más al prensar el material suelta mucho líquido que cae sobre el asfalto y produce malos olores.

Las actividades incluían también el estudio de la literatura sobre los proyectos de basura cero existentes en otros países. De ese estudio salió la información acerca de los plazos largos para la implantación del sistema propuesto.

Por mediciones propias y con informaciones obtenidas del departamento municipal de servicios urbanos fueron producidas tablas con la cantidad y la composición de la basura domiciliaria. También fue determinada la fracción de esa basura que las cooperativas consiguen desviar del relleno, y cómo lo hacen. Ellas operan en galpones donde acumulan el material colectado en las calles y luego lo separan y lo preparan para la venta en bultos grandes.

Investigaciones en los archivos de la alcaldía determinaron la relación entre costes e ingresos de la administración pública referentes a la gestión de residuos. El estudio de la literatura trajo ideas de ciudades que ya disponen de una legislación de basura cero.

### Resultados obtenidos

Los resultados se dividen en el diagnóstico numérico de los residuos en la ciudad y la presentación del plano de gestión de quince años. El diagnóstico del movimiento de residuos en la ciudad en el año 2007 mostró la situación de la Tabla 1.

**Tabla 1.** Residuos producidos en la ciudad en el año 2007

Escombros de construcción	172.6 t/d	68.1%
Residuos domiciliarios e comerciales	54.0 t/d	21.3%
Residuos de la limpieza de calles	13.6 t/d	5.4%
Residuos de servicios de salud	0.5 t/d	0.2%
Residuos diversos no recogidos	12.7 t/d	5.0%
Total	253.4 t/d	100.0%

*(t/d = toneladas por día), fuente: esta investigación.*

La recogida atiende el 95% de la demanda. Los 5% restantes de residencias y establecimientos todavía no atendidos se encuentran en el último ítem de la Tabla 1.

Los escombros de construcción y los residuos de servicios de salud son recogidos por las empresas productoras y llevados al tratamiento y al destino final. Para la recogida de los escombros existen tres empresas grandes que utilizan camiones con recipientes basculantes de cinco metros cúbicos, y aproximadamente 1500 personas autónomas con pequeños vehículos de tracción animal o humana. Los productores de escombros pagan por la recogida y el

transporte. El destino final es un relleno precario de escombros designado por la administración pública, donde los escombros son depositados sin tratamiento e sin aprovechamiento.

Una empresa especializada en pasteurización e incineración colecta los residuos de servicios de salud de los diversos establecimientos y los trata contra pago. Acto seguido los residuos biológicamente inertes son llevados al relleno municipal.

Los demás residuos son de la responsabilidad de la administración pública. La municipalidad mantiene un equipo de 48 funcionarios que recogen y llevan al relleno los residuos domiciliarios y otro de 85 funcionarios que cuidan de la limpieza urbana. Para tal, utilizan tres camiones de compactación hidráulica con capacidad de 10 toneladas para los residuos domiciliarios y un camión abierto con capacidad de 14 toneladas para los residuos de limpieza.

Los residuos domiciliarios se dividen según se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición de los residuos domiciliarios y comerciales (incluye restaurantes) en el año 2007

Material biodegradable				50.3%
Material seco reciclable				
	papel	13.3%		
	metales	2.6%		
	vidrio	4.4%		
	plástico	12.4%		32.8%
Rechazos				16.9%
Total				100%

*Fuente: esta investigación*

Existen dos cooperativas de colectores con 29 cooperados y 180 colectores autónomos en la ciudad, por un total de 209 personas trabajando en la recogida de material seco reciclable. Entre ellos recogen 10.6 t/d de material sea por visitar residencias sea por explorar los puntos de entrega voluntaria existentes.

Los 10.6 t/d representan  $10.6 / (54.0 * 0.328) = 59.8\%$  del material seco reciclable contenido en la basura domiciliaria. Es un valor significativo. La venta de esos componentes en el comercio por mayor puede rendir un promedio de BRL786.00/t (USD467.86/t). Este valor obedece la ley de la oferta y de la demanda y varía con el tiempo. Los mejores precios encontrados en los años de 2007 a 2010 fueron los indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Precios del por mayor practicados en Brasil, años 2007 a 2010

BRL/t (moneda local por tonelada)	
papel cartón	450
papel blanco	530
latas de hierro	450
aluminio	2200
vidrio incoloro	280
vidrio colorido	280
plástico rígido	1000
plástico filme	1200
plástico botella	1200
camadas múltiples	270
	promedio 786

*Fuente: Cempre 2010*

Con las 10.6 t/d se ganan en promedio BRL8331.60/d (USD4959.29/d). Cuando repartidos entre las 209 personas que trabajan en la rama, sobran BRL39.86/d o BRL956.74/mes (USD569.49/mes) para cada uno. Los conversores usados aquí son 1 mes = 24 días trabajados y 1 USD = 1.68 BRL.

Como el salario mínimo brasileño en 2010 era BRL510.00/mes, cada colector consiguió llevar para casa 1.88 salarios mínimos por mes. Este es solo el punto de partida. Con el plano de acción a ser aplicado y la consecuente separación en origen, la recogida será facilitada y los rendimientos aumentarán.

A partir de esos datos se desarrolló el plano de desviar del relleno el total de los residuos producidos en la ciudad en un período de 15 años. Se propusieron metas específicas para cada uno de los 15 años con las respectivas responsabilidades de la administración pública que irá implantar el sistema. Del total de 253.4 t/d de residuos producidos en el año de 2007, 12.7 t/d no eran recogidos, 10.6 t/d eran absorbidos por las cooperativas y el resto de 230.1 t/d eran vertidos en el relleno. El reto del plano consistió en extender la recogida a 100% de la demanda y mantenerla en este nivel a pesar de la constante expansión demográfica.

El aporte del trabajo al diagnóstico consistió en detallar las cantidades de residuos producidos en la ciudad con sus respectivos orígenes, en determinar la composición de los residuos domiciliarios y la cantidad de estos que los colectores autónomos y cooperados conseguían captar, y en producir una estimativa de los rendimientos actuales de estos colectores.

### El proyecto “basura cero”

Se desarrolló un plano por etapas de progreso con sus respectivos plazos que todavía necesita ser transformado en ley municipal para garantizar la aplicación. De modo general es este el procedimiento adoptado en otras municipalidades en diversos países. Lo que cambia son los detalles. En el presente caso, la cadena de acciones siguió la siguiente orden: obligar la separación en origen usando ejemplos pioneros para ilustración, aprovechar al máximo la logística reversa ya existente, atraer empresas para procesar la materia prima disponible en forma de los residuos separados, aplicar sanciones por falta de respeto a la ley. Quince años fueron previstos para que toda la operación entre en ritmo normal.

Para dimensionar el reto, se extrapoló la producción de residuos a los 15 años previstos en el proyecto, con la previsión de la expansión demográfica del 1.4% al año que se refleja en la producción de residuos. Durante ese período serán eliminadas las partes designadas como “residuos diversos no recogidos” en la Tabla 1 y como “rechazos” en la Tabla 2. En consecuencia de la recogida integral y de la separación completa en origen, esas partes se distribuirán entre las demás rubricas.

La perspectiva de la cantidad y composición de residuos al cabo de los 15 años se muestra en las Tablas 4 y 5.

**Tabla 4.** Residuos producidos en la ciudad en el año 2022

Escombros de construcción	223.8 t/d	71.7%
Residuos domiciliarios e comerciales	70.0 t/d	22.4%
Residuos de la limpieza de calles	17.6 t/d	5.6%
Residuos de servicios de salud	0.8 t/d	0.3%
Total	312.2 t/d	100.0%

*Los 5% de residuos no recogidos de la Tabla 1 fueron distribuidos proporcionalmente  
Ejemplo:  $54.0 * (1/0.95) * 1.014^{15} = 70.0 \text{ t/d}$*

**Tabla 5.** Composición de los residuos domiciliarios y comerciales en el año 2022

Material biodegradable	42.4 t/d	60.5%
Material seco reciclable	27.6 t/d	39.5%
Total	70.0 t/d	100.0%

*Los 16.9% rechazos de la Tabla 2 fueron distribuidos proporcionalmente  
Ejemplo:  $50.3\% / [(100 - 16.9) / 100] = 60.5\%$  y  $70.0 * 0.605 = 42.4 \text{ t/d}$*

Con esos números se definió el reto para todos los componentes de residuos. Las empresas de construcción tendrían que reaprovechar 223.8 t/d de escombros (toneladas métricas por día). El relleno precario de escombros será gradualmente desactivado. Específicamente se espera de las



empresas que monten una central de recepción y separación de sus escombros donde cada clase de material será preparada para nuevos usos. La responsabilidad financiera de este emprendimiento será de las empresas. Una propuesta detallada de esta logística ya fue desarrollada por el grupo de los autores en otro lugar (Autor et al 2011).

Las empresas de la rama de salud tendrían que eliminar los 0.8 t/d de residuos contaminantes. El relleno municipal solo recibirá residuos descontaminados o cenizas contra pago. Esta responsabilidad se aplica también a residencias o cualquier otro productor de residuos patogénicos.

La administración pública tendría que encontrar un destino a los 17.6 t/d de residuos de limpieza urbana. Como la mayoría de estos residuos consiste de materia vegetal, la solución más lógica será proceder a la separación e incorporación de los restos vegetales en la fabricación de compost.

Cuanto a los residuos domiciliarios y comerciales, el reto consistirá de tres partes principales que son:

1. Obligar a los residentes y comerciantes a separar sus residuos antes de entregarlos a la recogida. Este es un reto educativo que necesita apoyo legal.
2. Desarrollar la logística reversa de los residuos biodegradables que al comienzo no existió. Encontrar el mejor tipo de recipiente para la recogida separada. Trabajos anteriores del grupo de los autores identificaron baldes plásticos de capacidad hasta 50 litros con tapa como los más indicados. La logística de los residuos secos ya funciona. Faltaría solo expandirla y mejorar la recogida por los operadores de la logística reversa. Este paso resultará en el abandono de los camiones de compactación obsoletos.
3. Atraer iniciativas privadas para procesar las cantidades conocidas y garantidas de materia prima en la forma de residuos separados, tanto biodegradables cuanto secos. Para mantener el flujo de materia prima, la municipalidad pondrá a la disposición de las empresas de logística reversa terrenos para montar puntos de traslado y una central de recepción y separación que alimentará a las industrias privadas de reciclaje, semejante a la central de escombros. El principal reto será el referente al compostaje que puede ser centralizado o descentralizado, mas en todo caso la municipalidad podría al comienzo apoyar el emprendimiento con la compra del compost.

La base del éxito del nuevo sistema que pretende acabar con el relleno municipal se encuentra en la separación en origen de todos los residuos. Residuo separado es materia prima y no basura. Una vez logrado ese paso, los operadores de la logística reversa sabrán manipular esa



materia prima de la manera más provechosa posible. El proceso pasará por las etapas de recogida, traslado, separación comercial, acumulación para venta y entrega a las industrias. El cronograma de implantación se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Plano de acción de quince años

---

Año 1	Divulgar el programa con los métodos a la población, a las empresas de construcción y a los productores de residuos de servicios de salud.
Año 2	Incentivar a las empresas de construcción a anticiparse a la ley de residuos e formar su infraestructura de tratamiento y reciclaje. Iniciar la recogida de material separado seco en las residencias por las empresas de logística reversa ya existentes para ese material. Organizar unidades piloto de compostaje descentralizada e recoger residuos biodegradables en restaurantes y edificios de apartamentos pioneros.
Año 3	Establecer puntos de entrega voluntaria de residuos voluminosos. Instruir a los establecimientos médicos a separar los residuos contaminantes.
Año 4	Aprobar la ley municipal de residuos urbanos. Deposiciones irregulares o clandestinas reciben multas. La separación en origen es obligatoria y es controlada por agentes municipales.
Año 5	Los operadores existentes de logística reversa absorben todo el material seco separado.
Año 6	El relleno precario de escombros de construcción se cierra Los residuos de servicios de salud son recogidos e tratados por empresas privadas contra pago.
Año 7	Empresas de reciclaje se establecen en la ciudad
Año 8	Todas las industrias tienen sus planos de gestión de residuos
Año 9	Iniciar el uso de los materiales reciclados
Año 10	Comienzan a operar empresas de compostaje centralizada.
Año 11	Todos los productores de residuos biodegradables tienen sus planos de gestión. El relleno municipal no más recibe residuos biodegradables
Año 12	Tambores para recogida de materiales limpios son puestos en las calles
Año 13	Multas son aplicadas a gente que no separa sus residuos
Año 14	Los servicios de recogida municipal no más recogen material reciclable separado.
Año 15	No hay más basura para ser llevada al relleno

---

### Conclusiones y recomendaciones

La ciudad parte de un punto inicial favorable porque en un inicio ya desvía del relleno el 59.8% de los componentes secos reciclables de la basura domiciliaria, y la recogida de los residuos de servicios de salud y de la construcción ya están en manos de las empresas productoras. Con el plano propuesto de 15 años de duración es perfectamente posible llegar a la meta osada de “cero basura” en la ciudad.

El mayor reto consistirá en organizar la logística reversa para los residuos biodegradables. Con ese procedimiento la ciudad establecerá un ejemplo para el resto del país y posiblemente también para otros países emergentes.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen el apoyo a esta investigación recibido del CNPq Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico Brasil (proceso 301120/2007-2) y de la FAPEMIG Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais Brasil (beca de estudio de la coautora).

### Referencias

- Belkorp Environmental Services, [http://www.belkorp.ca/Dr\\_morris\\_Report.pdf](http://www.belkorp.ca/Dr_morris_Report.pdf) (2010 01 28)
- Cempre Informa, San Pablo (2010) **18**(112), 4 <http://www.cempre.org.br>
- European Waste Framework Directive 2008/98/EC, <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/index.htm> (2010 02 01)
- Autor, Marques, R.B., Pereira, A.F.N. (2011) Polluter-pays principle applied to construction and demolition debris *Journal of Environmental Protection, Scientific Research Publishing, US* **2** (2), 124-129 ISSN 2152 2197 (print) and 2152 2219 (electronic) <http://www.scirp.org/journal/jep>, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2010.22014>
- GEFN Global Ecological Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org> (2010 01 29)
- ZWIA Zero Waste International Alliance, <http://www.zwia.org> (2010 01 30)