



# REVISTA AIDIS

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

## COMO LOS ESTUDIANTES PUEDEN MANEJAR LOS RESIDUOS ESCOLARES: UN ESTUDIO DE CASO

\*Manfred Fehr<sup>1</sup>  
Atna Gomes Silva<sup>1</sup>

*HOW STUDENTS CAN HANDLE SCHOOL WASTE:  
A CASE STUDY*

*Recibido el 9 de enero de 2012; Aceptado el 21 de marzo de 2013*

### Abstract

This study challenged a public school community in Brazil to construct a waste management scheme with the aim to divert the maximum possible quantity from the landfill. The method asked for separation of waste into biodegradable material, inert recyclable material and trash. Students operated the system. They produced compost from the biodegradable material on the school premises and delivered the inert recyclable material to reverse logistics operators. Only the trash ended up in the landfill. The separated waste consisted of 38.2% biodegradable food scraps, 42.6% inert recyclable material and 19.2% useless material designated as garbage. The windrows for composting received all biodegradable waste from the school, fruit scraps from a neighboring shop, dry leaves and some small branches from the garden as well as water to control the humidity. Of the 157.7 kg of waste produced per month, the management scheme diverted from the landfill 80.8%. The method is available for imitation elsewhere.

**Keywords:** Diversion of waste from landfills, recycling waste in schools, waste management in schools.

---

<sup>1</sup> Instituto de Geografia, Universidad Federal en Uberlândia, Brasil

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

## Resumen

Se desafió la comunidad de una escuela brasileña a montar un sistema de gestión de residuos con el objetivo de desviar del relleno la mayor parte posible. Los residuos se separaron en biodegradables, inertes reciclables y basura. Los biodegradables, que eran los restos de comida, se transformaron en compost en las dependencias de la escuela. Los inertes se repusieron a la logística reversa de la ciudad. Solamente la basura se destinó al relleno. Los residuos colectados consistieron de 38.2% de material biodegradable, de 42.6% de material inerte reciclable y de 19.2% de material no aprovechable que se designó como basura. Las pilas de compostaje recibieron, además de los restos de comida, frutas descartadas de una tienda vecina, hojas secas y ramos pequeños del jardín y agua para mantener la humedad. Se demostró que los alumnos pueden operar el sistema de gestión, inclusive el compostaje. Del total mensual de residuos producidos de 157.5 Kg., el 80.8% fue reciclado. El esquema gerencial está disponible para imitación y multiplicación.

**Palabras clave:** Desvío de residuos del relleno, gestión de residuos en escuelas, reciclaje de residuos escolares.

---

## Introducción

Los residuos sólidos urbanos acompañan a las actividades humanas y siempre existirán en las ciudades. Se originan en los sectores domiciliario, institucional, comercial, industrial y de la limpieza pública. Cada sector produce residuos en cantidades y composiciones específicas. El secreto de la gestión reside en la correcta separación en la fuente con el intento de hacer llegar las varias partes separadas a destinaciones otras que el relleno.

El equipo de los autores ya había experimentado con la gestión de residuos industriales y domiciliarios y había delineado caminos para desviar la mayor parte de ellos del relleno (Fehr & Kuranishi 1999, Fehr & Castro 1999, Fehr & Calçado 2001, Fehr et al 2010). En el presente estudio se desarrolló un modelo de gestión para una escuela pública que representa el sector institucional. Existía la expectativa que debido a la similitud organizacional y poblacional, el modelo podría ser extrapolado al universo escolar en general.

Se escogió una escuela de enseñanza básica para crear y documentar un precedente. El objetivo general fue evolucionar de la situación inicial, cuando todos los residuos iban al relleno, hasta otra situación cuando el reciclaje alcanza su valor máximo posible.

La población estudiantil era de 1350 alumnos distribuidos en tres turnos con 590 en el matutino, 520 en el vespertino e 240 en el nocturno. Se identificó la situación vigente al iniciar el estudio cuando todos los residuos eran entregados a la recolecta mezclada y llevados al relleno municipal. Como objetivos específicos se tenían los siguientes: implantar la separación en la fuente, identificar destinaciones adecuadas para las partes separadas, determinar la composición de los residuos y así apuntar el potencial de reciclaje, ilustrar la utilidad de los residuos biodegradables por un proyecto piloto de compostaje y finalmente documentar el modelo gerencial y cuantificar el desvío del relleno.

## Metodología

Con la identificación del modelo gerencial vigente, el equipo ilustró a la comunidad escolar la inconveniencia del crecimiento perpetuo de los rellenos. Los principales motivos de esa inconveniencia son el balance material abierto y la degradación de los terrenos urbanos. La noción del balance identifica el relleno como receptor eterno de material que así forma el punto final de un sistema lineal de movimiento de recursos. Todo material allí depositado es perdido para siempre y de cierta manera forma un planeta paralelo que crece al coste del planeta Tierra. Tal sistema lineal es insostenible a largo plazo. La noción de la degradación de terrenos urbanos transmite la imagen asustadora de la multiplicación de los rellenos que ocupan cada vez más terrenos y los sustraen de usos más nobles. El raciocinio llevó la comunidad a buscar un sistema cíclico donde los diversos materiales descartados son separados y devueltos al sistema económico para nuevos usos. El cierre de ese ciclo crearía una situación sostenible.

El modelo del ciclo cerrado se construyó a través de los siguientes pasos: obtener el apoyo de la dirección de la escuela; promover discusiones con alumnos, docentes y empleados; documentar la situación de partida en términos de la cantidad vertida al relleno; crear la infraestructura para la separación en la fuente de todos los residuos; dar instrucciones para la separación; monitorear el éxito de la separación; cuantificar los resultados de la separación; identificar y usar caminos de la logística reversa para residuos inertes; producir compost a partir de los residuos biodegradables en el jardín de la escuela; verificar el éxito del emprendimiento por la comparación con la situación de partida.

Se distribuyeron recipientes en diversos lugares estratégicos para la recogida de los tres tipos de residuos: material biodegradable, material inerte reciclable y basura. Las instrucciones de separación daban las definiciones correspondientes que eran: material biodegradable – todos los restos de alimento putrescibles; material inerte – todo el material de envase limpio y seco de vidrio, plástico, papel cartón y metal además de todo el papel proveniente de las actividades escolares; basura – todo material que no cabe en las dos categorías anteriores.

Los propios alumnos pesaban todo el material recogido, acumulaban los residuos inertes para entregarlos a la cooperativa de colectores de la ciudad, llevaban los residuos biodegradables hasta las pilas de compostaje y dejaban la basura para la recogida municipal. Con respecto al material inerte reciclable, la gente de la cooperativa pasaba por la escuela en varias ocasiones para explicar a los alumnos responsables exactamente cuales materiales absorbía la logística reversa. Esos alumnos luego pasaban la información a la comunidad. Los alumnos también cuidaban del compostaje con la ayuda del equipo de investigación.

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presenta el resultado numérico de la separación y de la recogida en la escuela. Las fluctuaciones semanales se consideran aleatorias y provenientes de la variación de los hábitos alimentares de los alumnos. La composición promedia de los residuos separados refleja la situación típica de la institución donde los residuos inertes predominan debido al alto consumo de papel y al bajo consumo de alimentos.

Este resultado se usó para divulgar el retorno del esfuerzo. Solo en los 85 días de acompañamiento cuantitativo del proyecto, la comunidad desvió del relleno  $168.4 + 187.7 = 356.1$  Kg. de residuos que corresponden al  $356.1 / 441.0 = 80.8\%$  de todos los residuos producidos. Como manifestación del ejercicio de ciudadanía quedó claro a los alumnos que con un esfuerzo modesto la cantidad de residuos llevados al relleno puede ser reducida del 100% al 19.2%. Eso representa un avance impresionante en el pasaje del sistema lineal al cíclico de balance de material.

**Tabla 1.** Cantidades de residuos separados e recogidos en la escuela en Kg., año 2008.  
(Error de medición +/- 25 gramos a cada pesaje)

Período	biodegradable	inerte	basura	total
14/04 al 18/04	22.8	18.2	11.0	
22/04 al 25/04	9.75	19.0	6.0	
28/04 al 02/05	9.75	13.1	5.5	
05/05 al 09/05	14.6	20.25	7.0	
12/05 al 16/05	18.15	20.75	9.2	
19/05 al 23/05	10.15	13.35	5.5	
26/05 al 30/05	13.1	17.8	7.2	
02/06 al 06/06	9.15	17.5	6.25	
09/06 al 13/06	12.7	9.4	4.8	
16/06 al 20/06	15.25	8.75	6.2	
23/06 al 27/06	10.5	8.75	6.25	
30/06 al 08/07	22.50	20.85	10.0	
Soma Kg.	168.4	187.7	84.9	441.0
%	38.2	42.6	19.2	100.0

*Total días 85 (63 días útiles y 22 días de fines de semana sin clases)*

Los alumnos aprendieron también que las personas producen residuos en todos los lugares que frecuentan durante el día, principalmente en la residencia y en el local de trabajo o estudio. En el caso puesto, la comunidad estudiantil producía 441.0 Kg. de residuos en 85 días o 5.2 Kg. por día o  $441.0 \times 30.4 / 85 = 157.7$  Kg. por mes. Cuando reducido al nivel individual, la producción corresponde a la aparentemente insignificante cantidad de  $5200 / 1350 = 3.8$  gramos por día por alumno. Los alumnos aprendieron aquí el efecto multiplicador de esfuerzos. Si cada uno hace su parte y separa 80.8% de sus residuos, el resultado llega al desvío de  $157.7 \times 0.808 = 127.4$  Kg. por mes o  $127.4 \times 12 = 1.529$  toneladas por año.

El experimento contenía un factor invisible que corresponde al mensaje que los alumnos llevan para casa. Solamente en el caso de la escuela estudiada, el mensaje llega a 1350 familias. Es fácil percibir que con la replicación consciente del modelo en todas las escuelas de la ciudad, la idea de la separación en la fuente puede penetrar la población sin necesidad de intervención de la administración pública.

Los propios alumnos cuidaban de la producción de compost a partir de los residuos biodegradables. Durante el período del estudio se formaron dos pilas de compostaje que posteriormente se acompañaron por cien días hasta la maduración del compost. Además de los restos de alimento de la cantina y del kiosco, se agregaron restos del jardinaje y frutas descartadas de una tienda vecina. Hojas secas del jardín formaban la cobertura de las pilas como protección contra el tiempo. Se adicionaba agua siempre que se constataba falta de humedad en las pilas. Las pilas eran cercadas de ladrillos huecos y cubiertas por un toldo de eternita. En la fase inicial había larvas en consecuencia de la intensa actividad biológica que hizo la temperatura subir arriba de 55°C. Después de aproximadamente 60 días las larvas desaparecieron debido a la falta de alimento. Entonces las pilas permanecieron en reposo hasta la maduración del compost.

Los ingredientes de la pilas se muestran en la Tabla 2. La Tabla 3 muestra el balance de masa de las pilas

**Tabla 2.** Ingredientes de las pilas de compostaje en Kg

	pila 1 14/04 al 23/05	pila 2 26/05 al 08/07
restos de alimentos	85.2	83.2
restos de jardinaje	15	19
frutas descartadas en tienda	18	20
hojas secas de árboles	45.2	44.6
agua para humidificación	34	33
<i>total</i>	<i>197.4</i>	<i>190.8</i>

**Tabla 3.** Entradas e salidas de material de las pilas en Kg

	Ingreso de material	Compost tamizado	Retenido en el tamiz	Biogás e vapor (por diferencia)
pila 1	197.4	57.2	49.38	90.82
pila 2	190.8	59.2	47.65	83.95

El compost tamizado estaba disponible inmediatamente para uso en el jardinaje. Se usó un tamiz de pedrero con mallas cuadradas de cinco milímetros. El material retenido en el tamiz puede ser usado como estructurante en futuras pilas en vez de los restos de jardinaje. Los análisis hechos en laboratorios especializados mostraron valores de pH de 6.6 y relación carbono /nitrógeno de 16 / 1. El contenido de potasio y fósforo fue adecuado para uso en correcciones de suelo con 1386 y 53 mg / Kg respectivamente (EPAMIG 2008, UFU 2009).

En el contexto escolar, el resultado más valioso fue el aprendizaje y el involucramiento de los alumnos. Además de reducir el tamaño del relleno, tuvieron la satisfacción de fabricar un producto útil a partir de materia que anteriormente llamaban de *basura*.

### Conclusiones

El estudio de caso en la escuela escogida cumplió su propósito de lanzar una semiente para imitación y reproducción.

En solo 85 días, los 1350 alumnos desviaron del relleno 356.1 Kg. de residuos que así retornaron al ciclo económico.

El porcentaje de residuos llevados al relleno por esa comunidad pasó del 100 al 19.2%.

Indirectamente, el mensaje del posible reciclaje llegó a las familias de los 1350 alumnos.

De los 441.0 Kg. de residuos producidos en el período del experimento, 187.7 Kg. fueron repasados a la logística reversa para reciclaje, 168.4 Kg. fueron usados para producir 116.4 Kg. de compost maduro y tamizado, y solamente 84.9 Kg. o 19.2% fueron llevados al relleno.

El objetivo inicial de construir un modelo de gestión de residuos escolares fue cumplido.

El modelo está disponible para imitación en otras escuelas.

El experimento proporcionó a los alumnos una actividad extra-curricular donde aprendieron las nociones básicas de la gestión ambiental y de la fabricación de un producto.

**Agradecimientos.** El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Brasil CNPq apoyó la investigación a través del proceso 301120/2007-2 PQ.

## Referencias

- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Brasil (EPMIG) (2008) Boletim 17398, Análise de amostra de composto.
- Fehr, M., Castro, M.S.M.V. (1999) Lixo: Análise induz modelo de gestão, *Saneamento Ambiental, Signus Editora, São Paulo*, **10**(55):38-41.
- Fehr, M., Kuranishi, V.H. (1999) Destinos negociados para residuos sólidos industriales, *Resíduos Revista Técnica, O.y C.S.L., Bilbao*, **9**(50): 84-86.
- Fehr, M., Calçado, M.R. (2001) Divided collection model for household waste achieves 80% landfill diversion, *Journal of Solid Waste Technology and Management, Widener University, Chester*, **27** (1): 22-26.
- Fehr, M., Castro, M.S.M.V., Calçado, M.R.(2010) Condominium waste management by private initiative: a report of a ten-year project in Brazil, *Waste Management and Research, Sage Publications International*, **28**(4): 309-314.
- Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Laboratório de Análises de Solos (2009) Laudo de Análise de CompostoOrgânico 201/2009.