



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

Biodigestores en restaurantes y patios de comidas: un estudio técnico-económico y

Regulador

Biodigestores en restaurantes y patios de comidas: un estudio técnico-económico y regulatorio.

Bruno Felipe da Silva

Guilherme da Silva Missias

## Resumen

Este artículo analiza el tratamiento de residuos desde una perspectiva técnica, económica y normativa.

Productos orgánicos en restaurantes medianos y patios de comidas: un análisis del panorama actual.

Empresas brasileñas y extranjeras con respecto a los métodos de recolección, separación y eliminación de residuos, así como

El mercado de biodigestores para aplicaciones comerciales. Se evalúan las tecnologías aplicadas y los costes.

implementación, viabilidad financiera, producción de biogás y biofertilizantes, integración energética y

regulación. El estudio culmina con proyecciones de mercado y tendencias para soluciones.

Las tecnologías automatizadas e híbridas apuntan hacia vías sostenibles y económicamente viables para el sector.

Palabras clave: biodigestor, residuos orgánicos, biogás, biofertilizante, restaurantes, viabilidad

regulación económica.

## Abstracto

Este artículo analiza, desde una perspectiva técnica, económica y regulatoria, el tratamiento de los residuos orgánicos.

desperdicio en restaurantes medianos y patios de comidas. Examina los datos brasileños e internacionales.

escenarios para métodos de recolección, separación y eliminación de residuos, así como el mercado para

Biodigestores para aplicaciones comerciales. Tecnologías aplicadas, costos de implementación, aspectos financieros.

Se evalúan la viabilidad, la producción de biogás y biofertilizantes, la integración energética y la regulación.

El estudio culmina en proyecciones de mercado y tendencias para soluciones automatizadas e híbridas, apuntando a

vías sostenibles y económicamente viables para el sector.

Palabras clave: biodigestor, residuos orgánicos, biogás, biofertilizante, restaurantes, viabilidad económica,

regulación.

## 1. Introducción

Los residuos orgánicos generados por los establecimientos de alimentos representan una fracción

Una parte significativa de los residuos sólidos urbanos. Su gestión inadecuada, incluida la eliminación en

Los vertederos o los sistemas de alcantarillado provocan impactos ambientales, como las emisiones de gases de efecto invernadero.

efecto invernadero, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y los consiguientes problemas de saneamiento.



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

Eliminación en vertederos o fuentes de agua. Este artículo presenta un estudio exhaustivo sobre estas prácticas.

Métodos actuales de separación y limpieza, y el rendimiento en el mercado de los biodigestores adaptados para restaurantes.

y los patios de comidas, y las perspectivas técnicas, económicas y legales aplicables a Brasil.

2. Estudiar los métodos de separación y limpieza de estos residuos orgánicos en la actualidad en Brasil y en el extranjero.

En Brasil, los métodos más comunes para separar y limpiar los residuos orgánicos son...

Los restaurantes utilizan trampas de grasa, cuyo uso es obligatorio en las zonas de servicio.

alimentos, de conformidad con la legislación de ANVISA<sup>1</sup>, además de molinillos (maceradores) y separadores.

de sólidos y grasas, como barreras primarias antes de su descarga en los sistemas de alcantarillado. En algunos

En los países europeos y en los EE. UU., las prácticas avanzadas incluyen sistemas de recolección de residuos biológicos selectivos con

transporte refrigerado y tratamiento descentralizado, mediante compostaje o biodigestión en

Este enfoque reduce el volumen de residuos que se envían a los vertederos. Promueve la economía circular y...

recuperación de energía.

3. Porcentaje actual de recolección y separación de estos residuos en Brasil y en el extranjero.

La tasa de recolección y separación de residuos orgánicos sigue siendo baja en Brasil. Estimaciones

Los estudios indican que solo entre el 3% y el 5% de los residuos orgánicos municipales se recogen por separado para

compostaje o biodigestión. En contraste, en países de la Unión Europea como Alemania y Austria,

Esta tasa podría superar el 50%, impulsada por las políticas públicas y la infraestructura.

especializado en residuos orgánicos. Esta discrepancia resalta el potencial latente en Brasil para

Ampliar la recogida y la reutilización de estos materiales de desecho.

4. Impacto de los residuos orgánicos en la naturaleza, las aguas residuales, los ríos y la capa de suelo en los vertederos.

Los residuos orgánicos depositados en vertederos o vertidos en sistemas inadecuados generan

El metano durante la descomposición anaeróbica es un gas con un potencial de calentamiento global aproximadamente 25 veces mayor.

mayor que la del CO<sub>2</sub>. Además, los lixiviados tóxicos resultantes de la descomposición pueden

Contaminando el suelo y las aguas subterráneas, afectando la calidad del agua y la biodiversidad. Cuando

Verter residuos sólidos y grasos en el sistema de alcantarillado provoca obstrucciones y aumenta los costos.

Mantenimiento del sistema de alcantarillado. La sedimentación en ríos y masas de agua favorece la eutrofización.

que afectan a los ecosistemas acuáticos y a la salud humana.

## 5. Empresas que recogen estos residuos y generan un mercado para ellos.

En Brasil, empresas como Emaús Ambiental y Ambev (a través del proyecto “Troca de Trocento”) y startups como Compost Group y Óleow están implementando la recolección selectiva de residuos orgánicos en Restaurantes y patios de comidas, transformándolos en compost o biogás. Herramientas digitales y las aplicaciones para la logística colectiva han facilitado la conexión entre los puntos de generación de residuos y unidades de compostaje o digestión, fomentando la creación de un mercado para los residuos antes descartado.

## 6. Mercado actual de biodigestores en un perfil comercial, restaurantes

El mercado brasileño de biodigestores para uso comercial se está expandiendo, con proveedores ofreciendo desde soluciones modulares prefabricadas (HomeBiogas, tanques rotomoldeados) hasta reactores continuos de tamaño mediano (CSTR, de flujo pistón), ya integrados con sistemas de tratamiento, Pretratamiento y monitoreo. Establecimientos como restaurantes pequeños y medianos y zonas de restauración han sido objeto de proyectos piloto y planes de implementación.

## 7. Tipos más utilizados en restaurantes

Los tipos más comunes de biodigestores para restaurantes incluyen:

- Unidades modulares “plug & play” como HomeBiogas: sistemas compactos para espacios reducidos. metros cúbicos de biodigestión;
- Tanques prefabricados de HDPE: como biodigestores combinados con tanques sépticos para instalaciones pequeñas;
- Reactores CSTR (Reactor de Tanque Agitado Continuo): tanques de mezcla continua, adecuados para carga orgánica mixta y alimentación constante;
- Reactores de flujo pistón/flujo continuo: eficientes para residuos con sólidos moderados, pero más sensible a la variación de carga;
- UASB (Manto de lodos anaeróbicos de flujo ascendente): más adecuado para efluentes líquidos, utilizado en Sistemas integrados centrados en la porción líquida de los residuos.

## 8. Costo promedio de compra de un biodigestor para uso en un restaurante.

El costo de adquirir un biodigestor para restaurantes varía según la capacidad, Tecnología aplicada y nivel de automatización.



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

En el mercado brasileño se pueden identificar tres segmentos principales:

- Sistemas modulares compactos (hasta 3 m<sup>3</sup>): generalmente oscilan entre R\$ 1.500,00 y R\$ 5.000,00.  
Fabricado en polietileno de alta densidad (HDPE) y adecuado para cocinas pequeñas o Restaurantes con bajo volumen de residuos.
- Sistemas de tamaño mediano (5 a 15 m<sup>3</sup>, con pretratamiento simple): rango entre R\$ 15.000,00 y R\$ 80.000,00, incluyendo bomba, mezclador y elementos básicos de seguridad.
- Sistemas comerciales completos (de 20 a 100 m<sup>3</sup>, con control de temperatura, agitación y (purificación de gas): los precios oscilan entre R\$100.000,00 y más de R\$500.000,00, dependiendo debido a la complejidad del proyecto y la integración energética.

Estos precios incluyen únicamente el equipo y la instalación básica; no incluyen otros costes. incluyendo obras civiles, obtención de licencias y capacitación del equipo operativo.

#### 9. Viabilidad financiera de un biodigestor para un restaurante de tamaño mediano.

La viabilidad depende de tres factores principales:

1. Ahorro de costos con el reemplazo de GLP: restaurantes que gastan más de R\$ 4.000,00/mes en El gas tiende a generar un retorno más rápido.
2. Reducción de los costos de recolección de residuos: dependiendo del municipio, eliminación de residuos  
Los residuos orgánicos que se envían a los vertederos están sujetos a una tasa; la digestión in situ reduce este coste.
3. Venta o uso de biofertilizantes: puede generar ingresos adicionales o reducir los costos de adquisición.  
Fertilizantes para cultivar tu propio huerto.

Los estudios indican un período de recuperación de la inversión de entre 2 y 5 años para sistemas de tamaño mediano bien diseñados. considerando el reemplazo del 30% al 50% del GLP y los ahorros en transporte y eliminación de desperdiciar.

#### 10. Tecnología y parámetros de diseño (biodigestores utilizados actualmente en el mercado) restaurantes)

En Brasil, predominan dos formatos tecnológicos para los restaurantes:

- CSTR (Reactor de Tanque Agitado Continuo) en régimen mesófilo (35–37 °C), con un tiempo de Tiempo de retención hidráulica (TRH) de 20 a 30 días y tasa de carga orgánica (TCO) de 3 a 6 kg de sólidos. volátiles/m<sup>3</sup>.día.
- De flujo pistón horizontal, apto para residuos más sólidos, con un TRH (Transferencia de Recursos Humanos) de entre 30 y 40 días.

Comparación de sistemas convencionales con modelos automatizados (sensores de pH, temperatura, presión y nivel), se observa:

Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

- Mayor estabilidad operativa en sistemas automatizados;
- Capacidad para operar con OLR más altos gracias al control en tiempo real;
- Menor necesidad de intervención humana, lo que reduce el riesgo de fallos operativos.

#### 11. Instalación de biogás para funcionamiento híbrido con GLP.

La integración de biogás y GLP es técnicamente factible y se utiliza ampliamente en varios países. Asiáticos y europeos. En Brasil, esta instalación debe cumplir con las normas técnicas ABNT (NBR 15526) y NBR 13523), utilizando:

- Mezclador automático de gases para garantizar la presión y composición adecuadas;
- Válvulas antirretorno para evitar el reflujo de la llama;
- Depósitos de biogás con desulfuración para eliminar el H<sub>2</sub>S, evitando la corrosión y el mal olor.

El sistema híbrido permite la conmutación automática entre GLP y biogás, manteniendo el funcionamiento continuo durante las horas punta.

#### 12. Producción estimada de biogás/metano

La producción de biogás se puede estimar de dos maneras:

- Mediante el ensayo BMP (potencial bioquímico de metano): un análisis de laboratorio que mide la cantidad de metano generado por kg de sólidos volátiles (SV).
- Basado en valores típicos de la literatura: para los residuos alimentarios, el rango es de 0,45–0,60 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SV, lo que corresponde a ~0,8–1,1 m<sup>3</sup> de biogás/kg SV.

Ejemplo práctico:

Un restaurante que genera 120 kg/día de residuos orgánicos con un 20% de sólidos totales y un 80% de materia orgánica.

VS produciría:

- VS/día =  $120 \times 0,2 \times 0,8 = 19,2$  kg VS/día;
- CH<sub>4</sub>/día =  $19,2 \times 0,5 \text{ m}^3/\text{kg} = 9,6$  m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día (~96 kWh/día de energía térmica).

#### 13. Estimación de la producción de biofertilizantes

Durante el proceso de digestión anaeróbica, la materia orgánica se descompone, generando biogás. y un efluente líquido rico en nutrientes, el digestato. En los biodigestores de residuos alimentarios, la proporción típica entre los residuos tratados y el biofertilizante producido es de 0,8 a 1,0 litros de biofertilizante por kg de residuo húmedo.

Ejemplo práctico para un restaurante de tamaño mediano:



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

- Residuos diarios: 120 kg.
- Producción diaria de biofertilizante: entre 100 y 120 litros aproximadamente;
- Producción anual: de 36.000 a 43.800 litros.

El digestato es una fuente de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, y puede aplicarse directamente en el suelo o después de procesos de estabilización.

#### 14. Mercado de biofertilizantes y comparación con fertilizantes 100% naturales y libres de pesticidas.

El mercado brasileño de biofertilizantes está creciendo, impulsado por la agricultura orgánica y... presión para adoptar prácticas sostenibles.

Diferencias clave:

- Biofertilizante de biodigestor: resultante de la descomposición anaeróbica, con alta biodisponibilidad. Aporta nutrientes y actúa más rápidamente en el suelo.
- Fertilizante orgánico tradicional: se obtiene mediante compostaje aeróbico, con la consiguiente liberación de nutrientes. Más lento.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la El uso de biofertilizantes puede aumentar la productividad de las hortalizas hasta en un 25% en comparación con... fertilizantes orgánicos tradicionales

#### 15. Análisis costo-beneficio de la producción de biofertilizantes

El coste de producción de biofertilizante es prácticamente cero una vez puesto en marcha el biodigestor. teniendo en cuenta que la materia prima es un residuo que ya tendría un coste de eliminación. El valor de mercado de los biofertilizantes líquidos en Brasil oscila entre R\$ 0,80 y R\$ 3,00 por litro. Por lo tanto, para un restaurante que produce 36.000 litros/año, los ingresos potenciales (o ahorros, si corresponde) (para uso interno) puede oscilar entre R\$ 28.800,00 y R\$ 108.000,00 por año.

#### 16. Coste de la logística de trituración de residuos

La etapa de pretratamiento de los residuos es fundamental para aumentar la eficiencia de biodigestor. Los equipos como trituradoras y despulpadoras industriales tienen un costo de adquisición de Entre R\$2.000,00 y R\$15.000,00 para aplicaciones comerciales.

El costo operativo incluye:

- Consumo eléctrico (aproximadamente de 1 a 3 kWh por tonelada de material triturado);
- Mano de obra para la operación;



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

• Mantenimiento preventivo.

Para los restaurantes que ya utilizan equipos similares en sus cocinas, el impacto adicional es...  
mínimo.

#### 17. Purificación/acondicionamiento del biogás

El biogás crudo contiene impurezas como  $H_2S$ ,  $CO_2$  y vapor de agua, que pueden dañar el organismo.  
equipos y reducir la eficiencia.

Pasos típicos de purificación:

- Desulfuración: uso de filtros de hierro o carbón activado para eliminar el  $H_2S$ ;
- Secado: condensadores o gel de sílice para la eliminación de la humedad;
- Mejora del biometano: eliminación de  $CO_2$  para elevar el contenido de  $CH_4$  por encima del 96%, lo que lo hace equivalente al gas natural.

Los sistemas compactos para restaurantes cuestan entre R\$ 5.000,00 y R\$ 25.000,00, dependiendo de...  
automatización.

#### 18. Integración energética (sustitución parcial del GLP)

El biogás tiene un poder calorífico inferior ( $\sim 5,5 \text{ kWh/m}^3$ ) en comparación con el GLP ( $\sim 12,8 \text{ kWh/m}^3$ ).  
 $\text{kWh/kg}$ ). Por lo tanto, para reemplazar el 30% del consumo de GLP de un restaurante promedio (que consume  
Si la energía producida fuera de 400 kg/mes, se necesitarían aproximadamente  $650 \text{ m}^3$  de biogás al mes.

Ventajas:

- Reducción de los costes operativos;
- Menores emisiones de  $CO_2$ ;
- Independencia parcial de los proveedores de gas.

#### 19. Análisis de viabilidad económica (CAPEX/OPEX, ahorro de GLP, período de recuperación de la inversión)

CAPEX (inversión inicial):

- Biodigestor de tamaño mediano: R\$ 60.000,00;
- Sistema de purificación: R\$ 10.000,00;
- Construcción e instalación: R\$ 15.000,00;
- Total estimado: R\$85.000,00.

OPEX (costos operativos):



Año VI, v.1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026 • Mantenimiento anual:  
~R\$ 3.000,00.

- Energía para funcionamiento: ~R\$ 1.200,00/año.

Ahorro estimado:

- GLP: ~R\$ 18.000,00/año;
- Recolección de residuos: ~R\$ 6.000,00/año;
- Biofertilizante: hasta R\$ 50.000,00/año (si se comercializa).

Venganza

Entre 2 y 3 años, dependiendo de la eficacia y el mercado del biofertilizante.

## 20. Normativa y reglamentos aplicables (Brasil)

En Brasil, el funcionamiento de los biodigestores en los restaurantes debe cumplir con las regulaciones ambientales.

Medidas sanitarias y de seguridad.

Legislación clave:

- Ley Federal N° 12.305/2010 – Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) – define los principios de gestión de residuos orgánicos;
- Resoluciones CONAMA No. 275/2001 y 358/2005 – regulan la eliminación y el tratamiento de desperdiciar;
- Resolución RDC 216/2004 de ANVISA : establece buenas prácticas para los servicios de alimentación.

El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad operativa, la viabilidad legal y los incentivos.

inspectores en algunos municipios.

## 21. Normas y leyes para el almacenamiento de biogás

El almacenamiento de biogás debe cumplir con las normas técnicas de ABNT:

- NBR 15526:2013 – especifica el almacenamiento y envasado del biogás;
- NBR 13523:2015 – define los requisitos de seguridad para depósitos presurizados;
- Uso de tanques ventilados, válvulas de alivio de presión y sensores de gas para prevenir accidentes.

## 22. Normas y leyes que rigen la venta de biogás



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

La comercialización de biogás o biometano está sujeta a la normativa energética y de gas:

- ANEEL – Resolución 482/2012 y reglamentos complementarios para la microgeneración de energía;
- Los contratos de suministro deben garantizar la calidad, la presión y la pureza del biogás, de acuerdo con...  
ABNT NBR 15526.

#### 23. Normas y leyes que rigen el proceso logístico de los residuos orgánicos

- Recogida selectiva obligatoria de residuos orgánicos en establecimientos comerciales;
- Transporte seguro, en vehículos cerrados y desinfectados;
- Registro y trazabilidad de la eliminación de residuos, de conformidad con la PNRS (Política Nacional de Residuos Sólidos) y las normativas municipales.

#### 24. Normas y leyes para la instalación de un biodigestor

- Obtención de licencias ambientales con agencias municipales o estatales;
- Proyecto de ingeniería aprobado por el personal técnico, incluido el dimensionamiento del tanque, sistemas de tuberías y seguridad;
- Evaluación del impacto ambiental (cuando corresponda);
- Cumplimiento de las normas ABNT para la construcción y el funcionamiento (tanques, válvulas, ventilación).

#### 25. Proyecciones y tendencias del mercado

El mercado de biodigestores en Brasil y en todo el mundo está experimentando un crecimiento continuo.

impulsado por:

- Políticas de sostenibilidad y economía circular;
- Incentivos fiscales y programas de eficiencia energética;
- Mayor concienciación entre consumidores y empresas;
- Los avances tecnológicos, como la automatización y la monitorización remota, que aumentan la eficiencia y reducen los costes operativos;
- Integración con sistemas de energía híbrida (GLP + biogás) en restaurantes y patios de comidas.  
alimento.

Los estudios indican que, para 2030, Brasil podría multiplicar el número de sistemas instalados.

En los establecimientos comerciales, la tasa aumenta de 5 a 7 veces, especialmente en los grandes centros urbanos.

#### Referencias



Año VI, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA). RDC N° 216, de 15 de septiembre de 2016.

2004. Establece el Reglamento Técnico de Buenas Prácticas para los Servicios de Alimentación. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ley N° 12.305, del 2 de agosto de 2010. Establece la Política Nacional de Residuos Sólidos.

Gaceta Oficial de la Unión, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Resolución N° 275/2001. Dispone lo siguiente:

Manejo de residuos sólidos. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Resolución N° 358/2005. Dispone lo siguiente:

Tratamiento y disposición final de residuos sólidos. Brasília, DF, 2005.

EUROSTAT. Estadísticas de residuos municipales: explicación de las estadísticas. Luxemburgo: Eurostat, 2022.

GIZ BRASIL. PROBIOGÁS: mercado de biogás y biometano en Brasil. Brasília, DF, 2019.

FAO. Producción de biogás y biofertilizantes a partir de residuos orgánicos: revisión mundial. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Organización de Agricultura, 2018.

ABNT. NBR 15526: Almacenamiento de biogás – Requisitos de diseño y operación. Río de Janeiro, 2013.

ABNT. NBR 13523: Sistemas de biogás – Seguridad e instalación. Río de Janeiro, 2015.

BIOGÁS DOMÉSTICO. Sistemas modulares de biodigestión: manual técnico. Israel, 2021.