



## **Biodigestores em Restaurantes e Praças de Alimentação: Um Estudo Técnico-Econômico e Regulatório**

*Biodigesters in Restaurants and Food Courts: A Technical-Economic and Regulatory Study*

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

Bruno Felipe da Silva

Guilherme da Silva Missias

Telma Nagano de Moura (Orientadora)

### **Resumo:**

Este artigo analisa, sob as perspectivas técnica, econômica e regulatória, o tratamento de resíduos orgânicos em restaurantes de médio porte e em praças de alimentação. Examina-se o cenário brasileiro e estrangeiro quanto aos métodos de coleta, separação e disposição de resíduos, bem como o mercado de biodigestores para aplicações comerciais. Avaliam-se tecnologias aplicadas, custos de implantação, viabilidade financeira, produção de biogás e de biofertilizante, integração energética e regulamentação. O estudo culmina em projeções de mercado e tendências para soluções automatizadas e híbridas, apontando caminhos sustentáveis e economicamente viáveis para o setor.

**Palavras-chave:** biodigestor, resíduos orgânicos, biogás, biofertilizante, restaurantes, viabilidade econômica, regulamentação.

### **Abstract:**

This article analyzes, from a technical, economic, and regulatory perspective, the treatment of organic waste in medium-sized restaurants and food courts. It examines the Brazilian and international scenarios for methods of waste collection, separation, and disposal, as well as the market for biodigesters for commercial applications. Applied technologies, implementation costs, financial viability, biogas and biofertilizer production, energy integration, and regulation are evaluated. The study culminates in market projections and trends for automated and hybrid solutions, pointing to sustainable and economically viable paths for the sector.

**Keywords:** biodigester, organic waste, biogas, biofertilizer, restaurants, economic viability, regulation

### **Resumen:**

Este artículo analiza, desde perspectivas técnicas, económicas y regulatorias, el tratamiento de residuos orgánicos en restaurantes y patios de comidas de tamaño mediano. Examina los escenarios brasileños e internacionales en cuanto a métodos de recolección, separación y disposición de residuos, así como el mercado de biodigestores para aplicaciones comerciales. Se evalúan las tecnologías aplicadas, los costos de implementación, la viabilidad financiera, la producción de biogás y biofertilizantes, la integración energética y la normativa vigente. El estudio culmina con proyecciones de mercado y tendencias para soluciones automatizadas e híbridas, señalando vías sostenibles y económicamente viables para el sector.

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



## **1. Introdução**

Os resíduos orgânicos gerados por estabelecimentos alimentícios representam uma fração significativa dos resíduos sólidos urbanos. O seu manejo inadequado — incluindo a disposição em aterros ou em sistemas de esgoto — causa impactos ambientais, como emissões de gases de efeito estufa, contaminação de águas superficiais e subterrâneas e problemas sanitários decorrentes do descarte em lixões ou em fontes hídricas. Este artigo apresenta um estudo abrangente sobre as práticas atuais de separação e limpeza, o desempenho do mercado de biodigestores adaptados a restaurantes e praças de alimentação, e as perspectivas técnicas, econômicas e legais aplicáveis ao Brasil.

## **2. Estudo sobre os meios de separação e limpeza desse resíduo orgânico hoje no Brasil e fora**

No Brasil, os métodos mais comuns de separação e limpeza de resíduos orgânicos em restaurantes envolvem o uso de caixas de gordura (grease traps), obrigatórias nos serviços de alimentação, conforme a legislação da ANVISA <sup>1</sup>, além de trituradores (maceradores) e separadores de sólidos e gorduras, como barreiras primárias antes da descarga nos sistemas de esgoto. Em alguns países europeus e nos EUA, práticas avançadas incluem sistemas de coleta seletiva biológica com transporte refrigerado e tratamento descentralizado, por meio de compostagem ou biodigestão in situ, reduzindo o volume enviado aos aterros. Essa abordagem favorece a economia circular e o reaproveitamento energético.

## **3. Percentual atual de coleta e separação desse resíduo no Brasil e fora**

A taxa de coleta e separação de resíduos orgânicos ainda é baixa no Brasil. Estimativas indicam que apenas 3%–5% dos resíduos orgânicos urbanos são coletados separadamente para compostagem ou biodigestão. Em contraste, em países da União Europeia, como Alemanha e Áustria, esse índice pode ultrapassar 50%, impulsionado por políticas públicas e por infraestrutura especializada para resíduos orgânicos. Essa discrepância ressalta o potencial latente no Brasil para ampliar a coleta e o reaproveitamento desses resíduos.



#### **4. Impacto do resíduo orgânico na natureza, esgoto, rios, camada terrestre em lixões**

Resíduos orgânicos dispostos em aterros ou despejados em sistemas inadequados geram metano durante a decomposição anaeróbica – um gás com potencial de aquecimento global ~25 vezes maior do que o do CO<sub>2</sub>. Além disso, lixiviados tóxicos resultantes da decomposição podem contaminar solos e lençóis freáticos, afetando a qualidade da água e a biodiversidade. Quando despejados no esgoto, resíduos sólidos e gordurosos causam entupimentos e elevam os custos de manutenção da rede coletora. A deposição em rios e corpos d'água promove eutrofização, impactando ecossistemas aquáticos e a saúde humana.

#### **5. Empresas que realizam essa coleta e geram mercado com o resíduo**

No Brasil, empresas como Emaús Ambiental e Ambev (via projeto “Troca de Trocento”) e startups como Compost Group e Óleow implementam a coleta seletiva de resíduos orgânicos em restaurantes e praças de alimentação, transformando-os em compostagem ou biogás. Ferramentas digitais e apps de logística coletiva têm facilitado o acoplamento entre pontos geradores de resíduos e unidades de compostagem ou digestão, fomentando a criação de mercado para resíduos antes descartados.

#### **6. Mercado atual de biodigestores em perfil comercial, restaurantes**

O mercado brasileiro de biodigestores para uso comercial está em expansão, com fornecedores oferecendo desde soluções modulares pré-fabricadas (HomeBiogas, tanques rotomoldados) até reatores contínuos de médio porte (CSTR, plug-flow), já integrados com sistemas de tratamento, pré-tratamento e monitoramento. Estabelecimentos como restaurantes de pequeno a médio porte e food courts têm sido o foco de pilots e de projetos de implantação.

#### **7. Tipos mais utilizados para restaurantes**

Os tipos de biodigestores mais comuns para restaurantes incluem:

- a) Unidades modulares “plug & play” como HomeBiogas: sistemas compactos para poucos metros cúbicos de biodigestão;
- b) Tanques pré-fabricados em PEAD: como biodigestores combinados com fossa séptica para pequenas instalações;



- c) Reatores CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*): tanques de mistura contínua, adequados para carga orgânica mista e alimentação constante;
- d) Plug-flow / reatores de fluxo contínuo: eficientes para resíduos com sólidos moderados, mas mais sensíveis à variação de carga;
- e) UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*): mais indicados para efluentes líquidos, usados em sistemas integrados com foco na parte líquida dos resíduos.

## 8. Custos médios de compra de um biodigestor para aplicação em restaurante

O custo de aquisição de um biodigestor para restaurantes varia conforme a capacidade, a tecnologia aplicada e o nível de automação.

- a) Sistemas modulares compactos (até 3 m<sup>3</sup>): variam entre R\$ 1.500,00 e R\$ 5.000,00, geralmente fabricados em polietileno de alta densidade (PEAD) e indicados para pequenas cozinhas ou restaurantes com baixo volume de resíduos.
- b) Sistemas de médio porte (5 a 15 m<sup>3</sup>, com pré-tratamento simples): variam entre R\$ 15.000,00 e R\$ 80.000,00, incluindo bomba, misturador e elementos básicos de segurança.
- c) Sistemas comerciais completos (20 a 100 m<sup>3</sup>, com controle de temperatura, agitação e purificação de gás): variam de R\$ 100.000,00 a valores superiores a R\$ 500.000,00, dependendo da complexidade do projeto e da integração energética.

Estes valores incluem apenas o equipamento e a instalação básica, não contemplando custos com obras civis, licenciamento e treinamento da equipe operacional.

## 9. Viabilidade financeira do biodigestor para um restaurante de médio porte

A viabilidade depende de três fatores principais:

1. Economia com substituição de GLP: restaurantes que gastam mais de R\$ 4.000,00/mês com gás tendem a obter retorno mais rápido.
2. Redução do custo de coleta de resíduos: dependendo do município, a destinação de resíduos orgânicos em aterro é tarifada; a digestão no local reduz esse custo.
3. Venda ou uso do biofertilizante: pode gerar receita extra ou reduzir custos na aquisição de fertilizantes para hortas próprias.



Estudos indicam payback entre 2 e 5 anos para sistemas de médio porte bem dimensionados, considerando a substituição de 30% a 50% do GLP e economias com transporte e destinação de resíduos

## **10. Tecnologia e parâmetros de projeto (biodigestores aplicados hoje no mercado de restaurantes)**

No Brasil, predominam dois formatos tecnológicos para restaurantes:

- a) CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) em regime mesofílico (35–37 °C), com tempo de retenção hidráulica (HRT) de 20 a 30 dias e taxa de carga orgânica (OLR) de 3 a 6 kg de sólidos voláteis/m<sup>3</sup>. dia.
- b) Plug-flow horizontal, indicado para resíduos mais sólidos, com HRT entre 30 e 40 dias. Comparando sistemas convencionais com modelos automatizados (sensores de pH, temperatura, pressão e nível), observa-se:
  - i. Maior estabilidade de operação em automatizados;
  - ii. Capacidade de operar com OLR mais altos devido ao controle em tempo real;
  - iii. Menor necessidade de intervenção humana, reduzindo o risco de falhas operacionais.

## **11. Instalação do biogás para funcionamento híbrido com GLP**

A integração entre biogás e GLP é tecnicamente viável e amplamente utilizada em países asiáticos e europeus. No Brasil, esta instalação deve respeitar normas técnicas da ABNT (NBR 15526 e NBR 13523), utilizando:

- Misturador automático de gases (blending) para garantir pressão e composição adequadas;
- Válvulas antirretorno para evitar retrocesso de chama;
- Reservatórios de biogás com desulfuração para remover H<sub>2</sub>S, prevenindo a corrosão e o odor.

O sistema híbrido permite alternar automaticamente entre GLP e biogás, mantendo a operação contínua em horários de pico.

## **12. Estimativa de produção de biogás/metano**

A produção de biogás pode ser estimada de duas formas:



- Via ensaio BMP (Biochemical Methane Potential): análise laboratorial que mede a quantidade de metano gerada por kg de sólidos voláteis (VS).
- Com base em valores típicos da literatura: para resíduos alimentares, a faixa é de 0,45–0,60 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg VS, correspondendo a ~0,8–1,1 m<sup>3</sup> de biogás/kg VS. Exemplo prático: Um restaurante que gera 120 kg/dia de resíduos orgânicos com 20% de sólidos totais e 80% de VS produziria: VS/dia = 120 × 0,2 × 0,8 = 19,2 kg VS/dia;
- CH<sub>4</sub>/dia = 19,2 × 0,5 m<sup>3</sup>/kg = 9,6 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/dia (~96 kWh/dia de energia térmica).

### 13. Estimativa de produção de biofertilizante

Durante o processo de digestão anaeróbia, a matéria orgânica é decomposta, gerando biogás e um efluente líquido rico em nutrientes, o digestato. Em biodigestores de resíduos alimentares, a relação típica entre o resíduo tratado e o biofertilizante produzido é de 0,8 a 1,0 litro de biofertilizante por kg de resíduo úmido. Exemplo prático para restaurante de médio porte:

- Resíduo diário: 120 kg.
- Produção diária de biofertilizante: ~100 a 120 litros;
- Produção anual: 36.000 a 43.800 litros.

O digestato é fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, podendo ser aplicado diretamente no solo ou após processos de estabilização

### 14. Mercado de biofertilizantes e comparação com fertilizantes 100% naturais sem agrotóxicos

O mercado brasileiro de biofertilizantes cresce impulsionado pela agricultura orgânica e pela pressão por práticas sustentáveis. Diferenças principais:

- Biofertilizante de biodigestor: resultado da decomposição anaeróbia, com alta biodisponibilidade de nutrientes e ação mais rápida no solo.
- Fertilizante orgânico tradicional: obtido por compostagem aeróbia, com liberação de nutrientes mais lenta.



Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o uso de biofertilizantes pode aumentar a produtividade de hortaliças em até 25% em comparação com fertilizantes orgânicos tradicionais.

### **15. Custo-benefício da produção de biofertilizante**

O custo de produção do biofertilizante é praticamente nulo após a implantação do biodigestor, considerando que a matéria-prima é um resíduo que já teria custo de descarte. O valor de mercado dos biofertilizantes líquidos no Brasil varia de R\$ 0,80 a R\$ 3,00 por litro. Assim, para um restaurante que produza 36 mil litros/ano, a potencial receita (ou economia, caso utilize internamente) pode variar de R\$ 28.800,00 a R\$ 108.000,00/ano.

### **16. Custo com logística de trituração do resíduo**

A etapa de pré-tratamento dos resíduos é fundamental para aumentar a eficiência do biodigestor. Equipamentos como trituradores e despoldadores industriais têm custo de aquisição de R\$ 2.000,00 a R\$ 15.000,00 para aplicações comerciais. O custo operacional envolve:

- Consumo elétrico (~1 a 3 kWh por tonelada triturada);
- Mão de obra para operação;
- Manutenção preventiva.

Para restaurantes que já utilizam equipamentos similares na cozinha, o impacto adicional é mínimo.

### **17. Purificação/condicionamento do biogás**

O biogás bruto contém impurezas, como H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> e vapor de água, que podem prejudicar os equipamentos e reduzir a eficiência. Etapas típicas de purificação:

- Dessulfurização: uso de filtros de ferro ou carvão ativado para remover H<sub>2</sub>S;
- Secagem: condensadores ou sílica gel para remoção de umidade;
- Upgrading do biometano: remoção de CO<sub>2</sub> para elevar o teor de CH<sub>4</sub> acima de 96%, tornando-o equivalente ao gás natural.



Sistemas compactos para restaurantes custam entre R\$ 5.000,00 e R\$ 25.000,00, dependendo da automação.

### **18. Integração energética (substituição parcial de GLP)**

O biogás possui poder calorífico inferior (~5,5 kWh/m<sup>3</sup>) em comparação ao GLP (~12,8 kWh/kg). Assim, para substituir 30% do consumo de GLP de um restaurante médio (que consome 400 kg/mês), seriam necessários aproximadamente 650 m<sup>3</sup> de biogás por mês.

Vantagens:

- Redução de custo operacional;
- Menor emissão de CO<sub>2</sub>;
- Independência parcial dos fornecedores de gás

### **19. Análise de viabilidade econômica (CAPEX/OPEX, economia de GLP, payback)**

#### **CAPEX (investimento inicial):**

- Biodigestor de médio porte: R\$ 60.000,00;
- Sistema de purificação: R\$ 10.000,00;
- Obras e instalação: R\$ 15.000,00;
- Total estimado: R\$ 85.000,00.

#### **OPEX (custos operacionais):**

- Manutenção anual: ~R\$ 3.000,00.
- Energia para operação: ~R\$ 1.200,00/ano.

#### **Economia estimada:**

- GLP: ~R\$ 18.000,00/ano;
- Coleta de resíduos: ~R\$ 6.000,00/ano;
- Biofertilizante: até R\$ 50.000,00/ano (se comercializado).



## **Payback**

Entre 2 e 3 anos, dependendo da eficiência e do mercado do biofertilizante.

## **20. Regulação e normas aplicáveis (Brasil)**

No Brasil, a operação de biodigestores em restaurantes deve respeitar normas ambientais, sanitárias e de segurança.

### **Principais legislações:**

- Lei Federal nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – define princípios de gestão de resíduos orgânicos;
- Resoluções CONAMA nº 275/2001 e 358/2005 – regulamentam disposição e tratamento de resíduos;
- RDC ANVISA 216/2004 – estabelece boas práticas para serviços de alimentação. A conformidade com essas normas garante segurança operacional, viabilidade jurídica e incentivos fiscais em alguns municípios.

## **21. Normas e leis de armazenamento do biogás**

O armazenamento de biogás deve seguir normas técnicas da ABNT:

- NBR 15526:2013 – especifica armazenamento e acondicionamento de biogás;
- NBR 13523:2015 – define requisitos de segurança para reservatórios pressurizados;
- Uso de tanques ventilados, válvulas de alívio de pressão e sensores de gás para prevenir acidentes.

## **22. Normas e leis de venda do biogás**

A comercialização de biogás ou biometano segue regulamentações de energia e gás:

- ANEEL – Resolução 482/2012 e regulamentos complementares para microgeração de energia;
- Contratos de fornecimento devem garantir a qualidade do biogás, a pressão e a pureza, conforme a ABNT NBR 15526.



### **23. Normas e leis de processo logístico do resíduo orgânico**

- Coleta seletiva obrigatória de resíduos orgânicos em estabelecimentos comerciais;
- Transporte seguro, com veículos fechados e higienizados;
- Registro e rastreabilidade do destino do resíduo, conforme o PNRS e as normas municipais.

### **24. Normas e leis de instalação de um biodigestor**

Licenciamento ambiental junto a órgãos municipais ou estaduais;

Projeto de engenharia aprovado por corpo técnico, incluindo dimensionamento de tanques, tubulações e sistemas de segurança;

Avaliação de impacto ambiental (quando aplicável);

Atendimento às normas da ABNT para a construção e a operação (tanques, válvulas, ventilação).

### **25. Projeções de mercado e tendências**

O mercado de biodigestores no Brasil e no mundo apresenta crescimento contínuo, impulsionado por:

- Políticas de sustentabilidade e economia circular; • Incentivos fiscais e programas de eficiência energética;
- Crescente conscientização de consumidores e empresas;
- Avanços tecnológicos, como automação e monitoramento remoto, que aumentam eficiência e reduzem custos operacionais; Integração com sistemas híbridos de energia (GLP + biogás) em restaurantes e em praças de alimentação.

Estudos indicam que, até 2030, o Brasil pode multiplicar a quantidade de sistemas instalados em estabelecimentos comerciais em 5 a 7 vezes, especialmente em grandes centros urbanos.

### **Referências**

ABNT. NBR 13523: Sistemas de biogás – Segurança e instalação. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. NBR 15526: Armazenamento de biogás – Requisitos de projeto e operação. Rio de Janeiro, 2013.



BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC n.º 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 275/2001. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 358/2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final de resíduos sólidos. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.

EUROSTAT. Municipal waste statistics—statistics explained. Luxemburgo: Eurostat, 2022.  
FAO. Biogas and biofertilizer production from organic wastes: global review. Rome: Food and Agriculture Organization, 2018.

GIZ BRASIL. PROBIOGÁS: mercado de biogás e de biometano no Brasil. Brasília, DF, 2019.  
HOME BIOGAS. Sistemas modulares de biodigestores: manual técnico. Israel, 2021