



XX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Construindo uma Engenharia Decolonial para a Soberania
Digital e Popular

29 a 31 de outubro de 2025
Campinas - SP, Brasil

Influência do Descarte Inadequado de Óleo Vegetal de Fritura no PAG

**Hyago Dorneles dos Santos 1, Instituto de Biod. e Sustent.-
NUPEM UFRJ, hyago.dornelles@gmail.com**

**Cid Pereira 2, Instituto Multidisciplinar de Química- CM UFRJ,
cid.pereira@gmail.com**

**Elisa Pinto da Rocha 3, Instituto Politécnico- CM UFRJ,
elisa.procha@gmail.com**

ARTIGO

EIXO TEMÁTICO: 5. Energia, meio ambiente e sustentabilidade

RESUMO

A presença de gorduras e lipídios provenientes do óleo vegetal utilizado em frituras o torna altamente suscetível à conversão em metano (CH_4), um gás de efeito estufa com potencial de aquecimento global (PAG) muito superior ao do dióxido de carbono (CO_2). Este estudo teve como objetivo realizar um levantamento dos volumes de óleo de fritura, descartados por grandes estabelecimentos no município de Macaé/RJ, e estimar teoricamente de acordo com a demanda química (DQO) disponível do resíduo, seu potencial de conversão em CH_4 , bem como o PAG dos volumes encontrados. Os resultados indicaram que, em 2023, o volume total de óleo coletado atingiu 286,78 toneladas, correspondendo a um potencial de geração de 834,4 m^3/d de metano ao longo do ano. O PAG estimado para este volume atingiu cerca de 12.882 kg de $\text{CO}_{2\text{eq}}$, evidenciando os impactos significativos do descarte inadequado deste resíduo. A destinação adequada desse resíduo reduz o impacto ambiental e estimula o fomento à economia circular.

PALAVRAS-CHAVE: óleo vegetal, metano, impactos ambientais, PAG.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional mundial interligado a um consumo excessivo de pequenos grupos econômicos hegemônicos têm trazido consequências irreversíveis ao meio ambiente, como o contínuo aquecimento global, extermínio de espécies e doenças à humanidade. Dos nove limites planetários definidos pelo grupo de cientistas liderado por Johan Rockström, em parceria com a Australian National University, dois já teriam sido ultrapassados (Rockström *et al.*, 2009): aumento da concentração de Nitrogênio em rios e mares, devido ao uso excessivo de fertilizantes na produção de alimentos; e o segundo limite diz respeito à perda acelerada da biodiversidade, com uma taxa de extinção de espécies de 100 a 1.000 vezes superior à taxa natural.

Nesse contexto, para que a mitigação da poluição ambiental e a redução da carga de carbono na atmosfera se torne uma realidade, é essencial a reutilização e a reciclagem dos resíduos gerados, tanto para reduzir o descarte inadequado no meio ambiente quanto para diminuir a extração de recursos naturais. Um exemplo crítico desse desafio é o descarte incorreto do óleo vegetal usado, que não só contribui para a poluição do solo e da água, como também representa o desperdício de um resíduo com potencial para ser reaproveitado como fonte alternativa de energia, como no caso do biodiesel.

Quando descartado de forma inadequada no solo ou em corpos hídricos, o óleo vegetal usado pode gerar gás metano, que possui um potencial de aquecimento aproximadamente 25 vezes maior que o do dióxido de carbono em um período de 100 anos, e tem sido responsável por cerca de 30% do aquecimento global desde a época pré-industrial, o que torna seu controle essencial nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas (Global Methane Pledge, [s.d.]; PNUMA, 2021).

Existem diferentes substâncias que, como o CO₂, absorvem a radiação infravermelha, tais como o CH₄, óxido nitroso (N₂O) e em menor abundância, certas famílias de gases tais como os

hidrocarbonetos fluorados (HFC's). A Pegada de Carbono é um indicador equivalente ao Potencial de Aquecimento Global (Alterações Climáticas) da metodologia de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) de Leiden, 2001 (Xavier, 2003).

A redução do impacto ambiental pode ser avaliada pela Pegada de Carbono (*Carbon Footprint*), que é uma ferramenta de avaliação aplicada a bens e serviços por meio da avaliação da massa de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) por unidade de produto ou serviço.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o PAG gerado pelo volume de óleo vegetal usado descartado por grandes estabelecimentos na cidade de Macaé-RJ, no caso de seu descarte inadequado ser convertido espontaneamente a CH_4 .

METODOLOGIA

O município de Macaé, é localizado no estado do Rio de Janeiro, com 23 km de litoral possuindo 1.216km quadrados sendo 12,5% de área da região Norte Fluminense e é caracterizada por uma rica biodiversidade e ecossistemas diversificados, que incluem a Mata Atlântica, manguezais e restingas, e a região serrana que se localiza entre a serra e o mar, dividindo as micros bacias do rio Macaé chegando a 1.750 metros de altitude. O município possui uma economia significativa das operações petrolíferas, devido às instalações da Petrobras e das empresas do setor offshore, com o PIB per capita de R\$ 66.684,01. Segundo o IBGE (2022), a população do último censo realizado foi de 246.391 pessoas, em relação ao trabalho e renda, o salário mensal foi de 5,9 salários mínimos.

Levantamento e tratamento de dados sobre o descarte do óleo vegetal produzido na cidade de Macaé/RJ

Junto à Prefeitura Municipal de Macaé, foi possível coletar o quantitativo geral da produção de óleo de cozinha residual no município nos anos de 2018 a 2024.

Um dos principais recursos utilizados foram os manifestos do Instituto Estadual do Ambiente (INEA), documentos que forneceram dados cruciais sobre o volume de óleo de cozinha gerado no município de Macaé. Esses manifestos detalham não apenas o volume, mas também o local exato de coleta e a destinação final desse resíduo, informações fundamentais para analisar a eficácia das políticas de gestão e reciclagem de resíduos no município. A solicitação desses manifestos à Secretaria de Meio Ambiente de Macaé assegura que os dados utilizados sejam de origem oficial e regulamentada, aumentando a confiabilidade do estudo e permitindo uma visão mais clara dos fluxos de resíduos na região.

Os dados foram coletados e avaliados conforme a quantidade de bairros ao ano que tiveram a coleta registrada e o volume de óleo total coletado ao ano.

O tratamento de dados e geração dos resultados demonstrados nesta pesquisa, foram realizados em software livre *Octave* versão 10.1.0, lançado em março de 2025.

Estimativa diária de metano a partir de óleo vegetal residual e cálculo do PAG correspondente

Os óleos e gorduras são, em sua maioria, triésteres de ácidos graxos e glicerol, conhecidos como triacilgliceróis. Durante o aquecimento do óleo no processo de fritura, sua fórmula química inicial pode se degradar em mais de 400 compostos químicos diferentes, devido a uma série de reações complexas. Essas variações de composição são causadas principalmente pela oxidação térmica e pela degradação dos ácidos graxos insaturados (como o linoleico e oleico), enquanto os ácidos graxos saturados como o palmítico e esteárico tendem a aumentar após a fritura, devido à sua maior estabilidade térmica (Corsini *et al.*, 2008; Freire *et al.*, 2013). Sendo assim, conforme demonstrado pelas pesquisas citadas na Tabela 1, pode-se afirmar que, após o aquecimento do óleo utilizado em frituras, sua composição química passa a ser predominantemente

composta por quatro tipos de ácidos graxos: ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico e ácido linoleico.

Tabela 1. Principal composição química do óleo vegetal após o processo de fritura para vários estudos.

Autores	Artigo	Composição Química	Quantitativo (%)
Vaskova & Buckova, 2015.	Thermal degradation of vegetable oils: spectroscopic measurement and analysis.	ácido palmítico (C _{16:0})	15 a 20%
		ácido esteárico (C _{18:0})	7 a 10%
		ácido oleico (C _{18:1})	35 a 40%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 30%
Nikzad <i>et al.</i> , 2021.	Effect of deep frying process using sesame oil, canola and frying oil on the level of bioactive compounds in onion and potato and assessment of their antioxidant activity.	ácido palmítico (C _{16:0})	15 a 18%
		ácido esteárico (C _{18:0})	5 a 8%
		ácido oleico (C _{18:1})	25 a 45%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 30%
Zambiasi <i>et al.</i> , 2007.	Composição em Ácidos Graxos de Óleos e Gorduras Vegetais.	ácido palmítico (C _{16:0})	15 a 20%
		ácido esteárico (C _{18:0})	7 a 10%
		ácido oleico (C _{18:1})	35 a 45%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 25%
Wanders <i>et al.</i> , 2010.	Effect of a High Intake of Conjugated Linoleic Acid on Lipoprotein Levels in Healthy Human Subjects	ácido palmítico (C _{16:0})	12 a 15%
		ácido esteárico (C _{18:0})	4 a 6%
		ácido oleico (C _{18:1})	25 a 30%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 25%
Choe & Min, 2007.	Chemistry of Deep-Fat Frying Oils	ácido palmítico (C _{16:0})	15 a 18%
		ácido esteárico (C _{18:0})	5 a 7%
		ácido oleico (C _{18:1})	25 a 40%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 25%
Sohu <i>et al.</i> , 2020.	Nutritional changes in commercial oil blend during repetitive deep fat frying of French fries with sensory characteristics of fried food.	ácido palmítico (C _{16:0})	13 a 15%
		ácido esteárico (C _{18:0})	7 a 9%
		ácido oleico (C _{18:1})	35 a 40%
		ácido linoleico (C _{18:2})	20 a 25%
Yilmaz. & Yorulmaz, 2023.	Improvement in Frying Stability of Safflower Oil by Blending with Refined Olive Pomace Oil during Deep Fat	ácido palmítico (C _{16:0})	12 a 15%
		ácido esteárico (C _{18:0})	5 a 7%
		ácido oleico (C _{18:1})	30 a 35%
		ácido oleico (C _{18:1})	15 a 25%

	Frying.	ácido linoleico (C _{18:2})	
	Study by means of 1H nuclear magnetic resonance of the oxidation process in high oleic sunflower oil and palm oil during deep-frying of fish cakes	ácido palmítico (C _{16:0}) ácido esteárico (C _{18:0}) ácido oleico (C _{18:1}) ácido linoleico (C _{18:2})	13 a 16% 6 a 8% 30 a 40% 15 a 25%
Romano <i>et al.</i> , 2021.	Oxidative stability of high oleic sunflower oil during deep-frying process of purple potato Purple Majesty.	ácido palmítico (C _{16:0}) ácido esteárico (C _{18:0}) ácido oleico (C _{18:1}) ácido linoleico (C _{18:2})	12 a 18% 4 a 6% 30 a 40% 20 a 25%
Szabo <i>et al.</i> , 2022.	Effects of Repeated Heating on Fatty Acid Composition of Plant- Based Cooking Oils.	ácido palmítico (C _{16:0}) ácido esteárico (C _{18:0}) ácido oleico (C _{18:1}) ácido linoleico (C _{18:2})	12 a 14% 5 a 7% 32 a 37% 20 a 30%
Bhat <i>et al.</i> , 2022.	Influence of Heating during Cooking on Trans Fatty Acid Content of Edible Oils: A Systematic Review and Meta-Analysis.	ácido palmítico (C _{16:0}) ácido esteárico (C _{18:0}) ácido oleico (C _{18:1}) ácido linoleico (C _{18:2})	14 a 16% 4 a 6% 30 a 35% 20 a 25%
Corsini <i>et al.</i> , 2008.	Perfil de Ácidos Graxos e Avaliação da Alteração em Óleos de Fritura	ácido palmítico (C _{16:0}) ácido esteárico (C _{18:0}) ácido oleico (C _{18:1}) ácido linoleico (C _{18:2})	6 a 7% 3 a 4% 27 a 30% 50 a 60%

Fonte: Elaboração Própria.

Após o cálculo da média para os quatro principais ácidos graxos considerados, observou-se que 21% da massa total não foi representada, correspondendo a pequenas quantidades de outros ácidos graxos presentes. Como a composição molecular completa é necessária para o cálculo da DQO (Demanda Química de Oxigênio), esse percentual residual foi redistribuído proporcionalmente entre os quatro ácidos graxos principais, como indicado na última coluna da Tabela 2.

Tabela 2. Média final da composição química principal baseada em diferentes estudos.

Composição	Fórmula	P.M.*	Média Final	Média Final redistribuído
------------	---------	-------	-------------	---------------------------

Química	Química	(g/mol)		21%
ácido palmítico (C _{16:0})	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256,42	0,15	0,19
ácido esteárico (C _{18:0})	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284,48	0,06	0,08
ácido oleico (C _{18:1})	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282,46	0,33	0,43
ácido linoleico (C _{18:2})	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280,45	0,24	0,31
outros	-	-	0,23	0

Fonte: Elaboração Própria. (*P.M.- peso molecular)

Sendo assim, a vazão de metano que seria produzida pelo descarte de óleo de fritura no meio ambiente, $Q_{CH_4}(L/d)$, pode ser calculada de acordo com a equação 1.

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / f(T) \quad (1)$$

$$DQO_{CH_4} = DQO_{tot} - DQO_{bio} \quad (2)$$

DQO_{CH_4} , representada na Equação 2, é a demanda química de oxigênio correspondente a cada composto químico considerado na Tabela 2 e $f(T)$ é o fator de correção para a temperatura operacional do reator. Para o cálculo da DQO_{CH_4} é descontada a DQO_{bio} , demanda química de oxigênio consumida para formação de novas células bacterianas durante o crescimento celular, do cálculo de DQO_{tot} . A DQO_{bio} depende do coeficiente de produção celular, y_{cel} , os quais neste trabalho foram considerados os coeficientes para a etapa acetogênica e metanogênica, y_{ace} e y_{met} , respectivamente. O coeficiente de produção celular para a etapa acidogênica não foi considerado neste caso, visto que não há carboidratos no substrato inicial.

Valores para y_{ace} e y_{met} , estão respectivamente na faixa entre 0,04-0,11 g $DQO_{cel}/gDQO_{tot}$ e 0,01-0,054 g $DQO_{cel}/gDQO_{tot}$ (Chernicharo, 2016).

Estima-se que o CH_4 tenha um potencial de aquecimento global cerca de 25 vezes maior que o CO_2 . Sendo assim o CO_{2eq} (dióxido de carbono equivalente) foi calculado multiplicando-se a faixa de CH_4 produzido por este fator.

A massa correspondente ao volume teórico de CH_4 produzido a partir do volume de óleo disponível a cada ano foi estimado

adotando-se a densidade do óleo (ρ) de 0,657kg/m³ (Froehner *et al.*, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de óleo vegetal residual da cidade de Macaé utilizados nesta pesquisa, foram solicitados ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), especificamente ao setor responsável pelo manifesto de transporte de resíduos do estado do Rio de Janeiro. As informações fornecidas pelo INEA incluem o volume de resíduos declarados, detalhados por bairro e por empresa. Essa categorização permitiu uma visão detalhada sobre a geração e movimentação de resíduos no município.

Tratamento dos dados de descarte do óleo vegetal produzido na cidade de Macaé/RJ

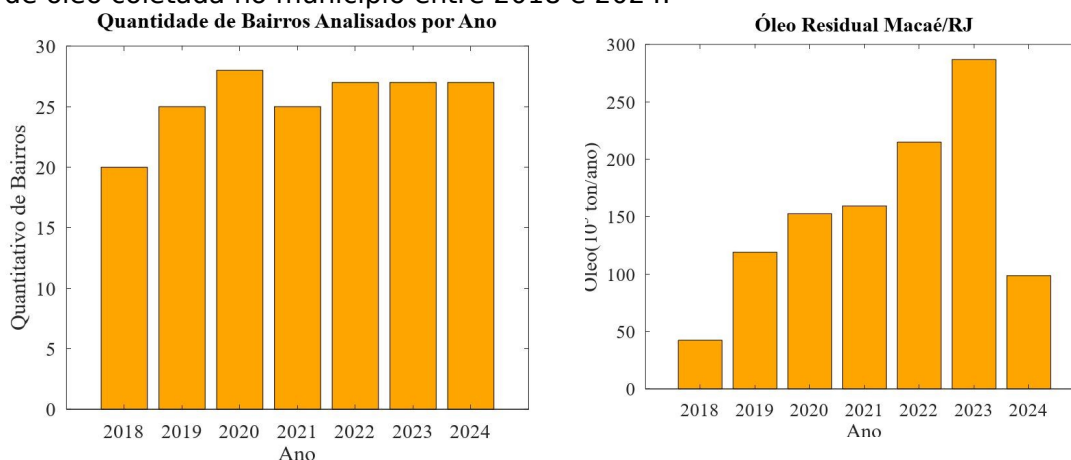
Foram obtidos dados de volume de óleo de fritura coletado em 33 bairros, sendo que a quantidade de bairros analisados ao ano variou, chegando a um máximo de 28 bairros em 2020, conforme visualizado na Figura 1(a).

Observa-se um aumento no número de bairros registrados a partir de 2018, com estabilização em 27 bairros a partir de 2022. Esse crescimento pode ser atribuído ao aumento das exigências ambientais, que têm se tornado cada vez mais rigorosas, e a maior clareza das legislações que regulamentam essas práticas, impulsionando a adesão e o registro dos bairros, conforme as normas ambientais vigentes.

Observa-se um aumento significativo na quantidade de óleo, que passou de 42,40 toneladas em 2018 para 286,78 toneladas em 2023 conforme pode ser visto na Figura 1(b). Esse crescimento de 244,38 toneladas pode ser explicado não apenas pelo maior número de bairros registrados, mas também por possíveis fatores como um crescimento econômico, expansão do número de empresas que geram e entregam óleo residual, ou ainda, uma maior

conscientização e adesão de empresas à obrigatoriedade de registrar a quantidade de óleo coletado.

Figura 1. (a) Quantidade de bairros que registraram coleta de óleo e (b) Quantidade de óleo coletada no município entre 2018 e 2024.



(a) Quantitativo de bairros registrados. (b) Quantitativo de óleo anual.

FONTE: Elaboração própria.

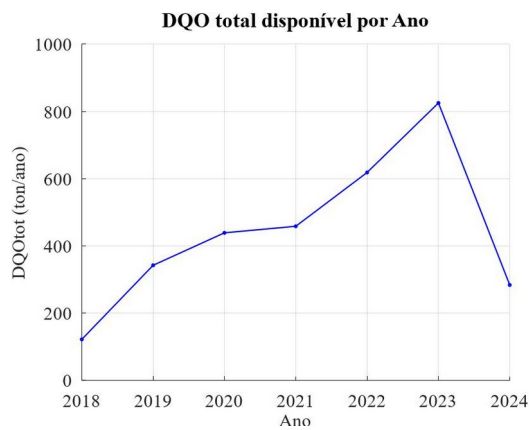
Em 2024, a redução na quantidade de toneladas registradas ocorreu devido à coleta ter sido realizada até o mês de agosto, o que não reflete o total anual.

Estimativa teórica de metano a partir do óleo de fritura descartado no meio ambiente

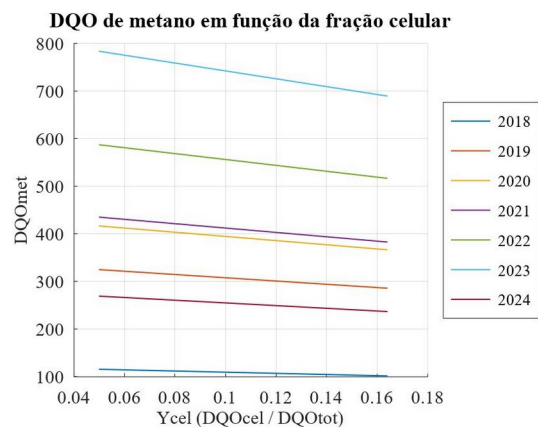
A DQO_{tot} para cada reação química, foi estimada estequiometricamente com base no volume total de óleo gerado em cada ano. A DQO_{bio} , associada ao crescimento das células acetogênicas e metanogênicas, foi calculada considerando a faixa de coeficientes de produção celular específica para cada tipo de microrganismo. Com base nesses dados, foi elaborado o gráfico da DQO_{CH_4} , correspondente à fração de DQO destinada à geração anual de CH_4 , conforme ilustrado nas Figuras 3(a) e 3(b).

A Figura 3(a) demonstra que, considerando o elevado volume de óleo coletado em 2023, a DQO_{tot} pode atingir 825,19 toneladas ao longo do ano, com base nos principais componentes analisados nesta pesquisa.

Figura 3. (a) DQO total disponível no óleo de fritura coletado ao ano e (b) DQO de metano disponível de acordo com a variação do coeficiente de formação de células bacterianas.



(a) DQO_{tot} disponível no óleo de fritura



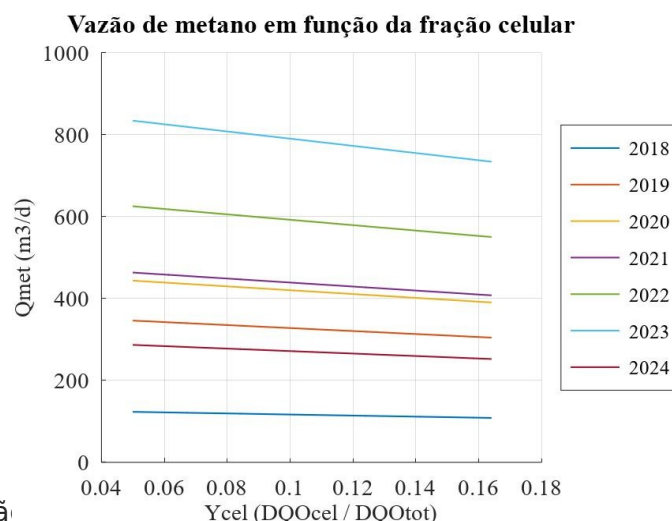
(b) DQO_{met} em função da variação do y_{cel} .

FONTE: Elaboração própria

Assumindo-se o menor valor de conversão para biomassa celular adotado nos cálculos ($0,05 \text{ gDQO}_{cel}/\text{gDQO}_{tot}$), a fração de DQO convertida em metano pode alcançar $783,93\text{ton}_{CH_4}/\text{ton}_{\text{óleo}}$, conforme ilustrado na Figura 3(b). Por outro lado, ao se aumentar o coeficiente de formação celular, observa-se uma redução na disponibilidade de DQO_{met} em todos os anos analisados.

A DQO_{CH₄} de $783,93\text{ton}_{CH_4}/\text{ton}_{\text{óleo}}$, — valor máximo obtido em 2023 — pode resultar em uma produção diária de $834,41\text{m}^3$ de metano, por tonelada de óleo disponível, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4. Vazão de metano estimada conforme produção de biomassa celular.



FONTE: Elaboração

Segundo Duarte *et al.* (2021), em experimentos conduzidos com biorreatores operando em temperatura, umidade e pH controlados, e

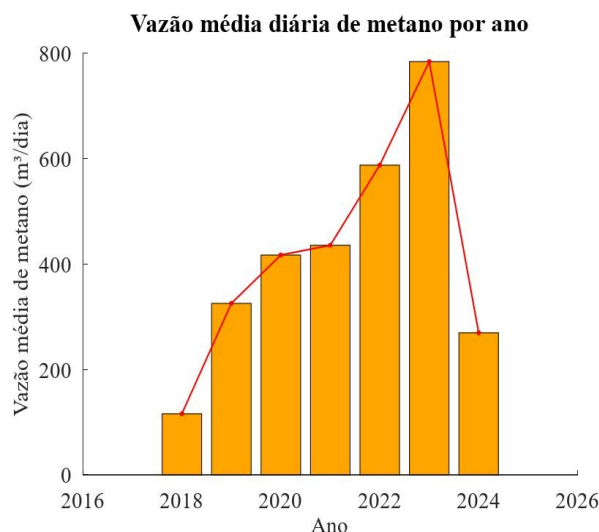
utilizando óleo de fritura (composto por 60% de ácido linoleico, 28% de ácido oleico, 7% de ácido palmítico e 5% de ácido esteárico), a produção de metano atingiu um máximo de 8 mL de metano para 1g DQO_{tot} disponível. Aplicando essa taxa ao valor de DQO_{tot} estimado para 2023 (825,19 toneladas), a produção teórica de metano seria de aproximadamente 6600m³ CH₄/d.

Óleos e gorduras apresentam elevado potencial energético, sendo que 1 kg de óleo pode gerar entre 1,0 e 1,3 m³ de biogás, com teor de CH₄ variando entre 60% e 70% (Froehner *et al.*, 2021). Ao estimar a razão entre a vazão média de CH₄ (em m³/ano) e a quantidade de óleo disponível anualmente, obtém-se, para cada ano analisado, um valor aproximado de 1 m³ de CH₄ por kg de óleo. Esse resultado está em conformidade com dados da literatura, uma vez que os cálculos teóricos tendem a superestimar a produção de metano (Froehner *et al.*, 2021).

Em aterros sanitários, onde as condições operacionais não são controladas como nos biodigestores, a eficiência de conversão do substrato em metano é significativamente inferior às aquelas estimadas teoricamente neste estudo.

Na Figura 5, é apresentada a média diária de produção de CH₄ ao longo dos anos, estimada com base no volume de óleo residual disponível no município de Macaé.

Figura 5. Vazão média diária de CH₄ estimada ao ano.



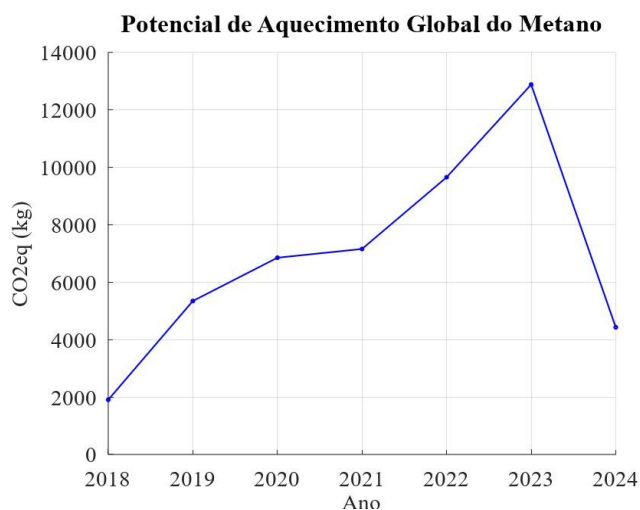
Elaboração própria.

FONTE:

Os valores variam entre um mínimo de 116 m³CH₄/dia em 2018 e um máximo de 784,34 m³CH₄/dia em 2023. Para contextualizar esse volume, a produção máxima de metano em 2023 equivale, em termos de emissões de gases de efeito estufa, à liberação anual de aproximadamente 1.200 veículos de passeio. Trata-se, portanto, de um valor significativo tanto do ponto de vista energético, quanto em relação ao potencial impacto ambiental.

O PAG, foi gerado a partir da massa (Kg) diária correspondente de CH₄ ao ano (Figura 5), conforme pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6. Potencial de aquecimento global do CH₄ teórico gerado.



Fonte:

Elaboração própria.

Considerando a densidade estimada de óleo de 0,657Kg/m³, o PAG para o volume de óleo residual de 2023 pode chegar a 12882 kgCO₂eq, um valor considerável quando comparada à quantidade de CO₂ representativa, de 25 vezes menor, destacando a relevância de estratégias de mitigação de gases de efeito estufa no contexto analisado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre 2018 e 2024, dados do INEA indicaram a coleta de óleo de fritura em 30 bairros da cidade de Macaé, sendo que os de maior atratividade turística se destacaram pela maior quantidade coletada,

especialmente em hotéis e restaurantes. Em 2023, o volume total atingiu 286,78 toneladas.

O descarte inadequado desse resíduo, quando direcionado para redes de esgoto ou aterros sanitários, além de causar obstruções e aumentar os custos operacionais das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), contribui significativamente para a emissão de CH₄. Os cálculos teóricos desenvolvidos neste estudo indicaram que a conversão do óleo de fritura em CH₄, utilizando os coeficientes celulares estimados na literatura, pode gerar até 783,93 toneladas de DQO_{CH₄} por tonelada de óleo – valor máximo observado em 2023. Isso resultaria em uma produção diária de 834,41 m³ de metano naquele ano. Em comparação, a média de 2023 chegou a um máximo de 784,34 m³/dia para toda a faixa de biomassa celular estimada. O PAG associado a esse volume de metano pode alcançar 12.882 kg de CO_{2eq}, demonstrando os impactos ambientais significativos do descarte incorreto.

Portanto, repensar a destinação adequada dos resíduos gerados pelas atividades humanas, como o óleo de fritura, não deve ser visto como um privilégio de nações desenvolvidas, mas como uma responsabilidade urgente e compartilhada. A adoção de políticas públicas, empresas privadas e ações integradas em nível municipal, estadual e federal é fundamental para que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Agenda 2030 da ONU, deixem de ser apenas metas planejadas e se tornem realidade, promovendo uma convivência mais equilibrada entre o ser humano e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

Bhat, S.; Maganja, D.; Huang, L.; Wu Jhy; Marklund, M. Influence of Heating during Cooking on Trans Fatty Acid Content of Edible Oils: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 14, (7), 1489, 2022. doi: 10.3390/nu14071489.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2.ed., 2016.

Choe, E; Min, D.B. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of food science*, 72(5), 77-86, 2007. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x.

Corsini, M. S.; Jorge, N.; Miguel, A. M. R. O.; Vicente, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. *Química Nova*, 31(5), 956-961, 2008. doi: 10.1590/S0100-40422008000500003.

Duarte, M.S.; Sinisgalli, E.; Cavaleiro, A.J.; Bertin, L.; Alves, M. M.; Pereira, M.A. Intensification of methane production from waste frying oil in a biogas-lift bioreactor. *Renewable Energy*, 168, 1141-1148, 2021. doi: 10.1016/j.renene.2020.12.114.

Freire, P. C. M.; Filho, J. M.; Ferreira; Castro, T.A.P. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de Nutrição*, 26(3), 313-324, 2013. doi: 10.1590/S1415-52732013000300010.

Froehner, S.; Leithold, J.; Júnior, L.F.L. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. *Química Nova*, 30(8), 2016-2019, 2007. doi: 10.1590/S0100-40422007000800037.

Global Methane Pledge. The imperative for methane action, s.d. Disponível em: <<https://www.globalmethanepledge.org/imperative-methane-action>>. Acesso em: abr. 2025.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mar. 2025.

Nikzad, N.; Ghavami, M.; Seyedain -Ardabili, M.; Akbari-Adergani, B.; Azizinezhad, R. Effect of deep frying process using sesame oil, canola and frying oil on the level of bioactive compounds in onion and potato and assessment of their antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 41(3), 545-555, 2021. doi: 10.1590/fst.35819.

PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. As emissões de metano estão impulsionando a mudança climática. Veja como reduzi-las. 20 de agosto de 2021. Disponível em:< <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/emissoes-de-metano-estao-impulsionando-mudanca-climatica-veja>>. Acesso em: abr. 2025.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin, F. S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; Nykvist, B.; Wit, C.A.; Hughes, T.; Leeuw, S.V.D.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P.K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.W.; Fabry, V.J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardso, K.; Crutzen, P.; Foley, J.A. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475, 2009. doi: 10.1038/461472a.

Romano R.; Filosa, G.; Pizzolongo, F.; Durazzo, A.; Lucarini, M.; Severino, P.; Souto, E.B.; Santini, A. Oxidative stability of high oleic sunflower oil during deep-frying process of purple potato Purple Majesty, *Heliyon*, 7, 1-9, 2021. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06294.

Sohu, S.; Kandhro, A.; Talpur, F.; Sohu, A.; Malgani, N. Nutritional changes in commercial oil blend during repetitive deep fat frying of French fries with sensory characteristics of fried food. *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry*, 21(2), 358-367, 2020. doi: 10.21743/pjaec/2020.12.38.

Szabo, Z.; Marosvölgyi, T.; Szabo, E.; Koczka, V.; Verzar, Z.; Figler, M.; Decsi, T. Effects of Repeated Heating on Fatty Acid Composition of Plant-Based Cooking Oils. *Foods*, 11(2), 192, 2022. doi: 10.3390/foods11020192.

Vaskova, H.; Buckova, M. Thermal degradation of vegetable oils: spectroscopic measurement and analysis. *Procedia Engineering*, 100, 630-635, 2015. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.414.

Wanders, A.J.; Brouwer, I.A.; Siebelink, E.; Katan, M. B. Effect of a High Intake of Conjugated Linoleic Acid on Lipoprotein Levels in Healthy Human Subjects. *PLoS ONE*, 5(2), 1-7, 2010. doi: 10.1371/journal.pone.0009000.

XAVIER, J. H. V. Análise de ciclo de vida (ACV) da produção agrícola familiar em Unaí-MG: Resultados econômicos e impactos ambientais. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasil. Brasília, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-UnB, 2003. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/567565/1/xavier01.pdf>>. Acesso em: abr. 2025.

Yilmaz, E.G.; Yorulmaz, A. Improvement in Frying Stability of Safflower Oil by Blending with Refined Olive Pomace Oil during Deep Fat Frying. *Journal of Oleo Science*, 72(10), 901-910, 2023. doi: 0000-0002-9772-6283.

Zambiasi, R. C.; Przybylski, R.; Zambiasi, M. W.; Mendonça, C. B. Composição em Ácidos Graxos de Óleos e Gorduras Vegetais. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 25(1), 2007. doi: 10.5380/cep.v25i1.8399.