

MONITORIZAÇÃO DO DESPERDÍCIO ALIMENTAR: ANÁLISE DE DADOS E ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS EM RESTAURAÇÃO COLETIVA

MONITORING FOOD WASTE: DATA ANALYSIS AND SUSTAINABLE STRATEGIES IN INSTITUTIONAL FOOD SERVICES

A.O.
ARTIGO ORIGINAL

¹ Gertal - Companhia Geral de Restaurantes e Alimentação, S.A., Rua da Garagem, n.º 10, 2795-078 Carnaxide, Portugal

² Escola Superior de Saúde de Leiria, Campus 2, Morro do Lena – Alto do Vieiro, Apartado 4137, 2411-901 Leiria, Portugal

*Endereço para correspondência:

Ana Sofia Santos
Gertal - Companhia Geral de Restaurantes e Alimentação, S.A., Rua da Garagem, n.º 10, 2795-078 Carnaxide, Portugal
ana.sofia.santos@lx.gertal.pt

Histórico do artigo:

Recebido a 30 de setembro de 2025
Aceite a 30 de junho de 2026

Ana Sofia Santos^{1*}  ; Ana Rita Henriques^{1,2}  ; Catarina Pirata¹  ; Marisa Anacleto¹  ;
Patricia Olas¹  ; Raquel Costa¹ 

RESUMO

INTRODUÇÃO: O desperdício alimentar é um desafio global, com impactos ambientais, económicos e nutricionais, especialmente na restauração coletiva.

OBJETIVOS: Avaliar e caracterizar o desperdício em seis unidades de restauração coletiva, com recurso a inteligência artificial, de modo a identificar padrões e oportunidades de redução alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

METODOLOGIA: Estudo quasi-experimental em seis unidades de restauração coletiva, monitorizando desperdício alimentar em produção, pós-consumo e sobreprodução. O sistema *Vision AI* registou dados em tempo real e estimou preditivamente poupanças em peso, custo, refeições e emissões de CO₂e. As intervenções implementadas incluíram ajuste de porções, planeamento, controlo de produção, gestão de stocks e formação das equipas.

RESULTADOS: O desperdício concentrou-se nos pratos dos consumidores e foi maioritariamente não comestível. A análise efetuada pelo sistema inteligência artificial permitiu projetar, com base no período de referência e numa extrapolação anual (52 semanas), uma redução potencial de 6,8 t de desperdício alimentar (equivalente a 17 108 refeições), o que corresponderia à prevenção da emissão de 29 424 kg de CO₂e e a uma poupança estimada de 14 879 €. A formação foi considerada a medida mais eficaz, sem associação significativa entre idade e perceção.

CONCLUSÕES: A inteligência artificial aliada à perceção das equipas permite um diagnóstico mais preciso e a definição de estratégias sustentáveis, promovendo políticas de restauração coletiva mais responsáveis.

PALAVRAS-CHAVE

Desperdício alimentar, Inovação, Inteligência artificial, Monitorização contínua, Restauração coletiva, Sustentabilidade

ABSTRACT

INTRODUCTION: Food waste is a global challenge, with environmental, economic, and nutritional impacts, particularly in foodservice.

OBJECTIVES: To assess and characterize food waste in six collective catering units using artificial intelligence to identify patterns and reduction opportunities aligned with the Sustainable Development Goals.

METHODOLOGY: Quasi-experimental study in six institutional food services, monitoring food waste at production, post-consumption, and overproduction stages. The Vision AI system collected real-time data and predicted potential savings in weight, cost, meals, and CO₂e emissions. Implemented interventions included portion adjustment, planning, production control, stock management, and staff training.

RESULTS: Waste was concentrated at the plate waste stage and was predominantly inedible. The analysis performed by the artificial intelligence system enabled the projection, based on the reference period and an annual extrapolation (52 weeks), of a potential reduction of 6.8 tonnes of food waste (equivalent to 17,108 meals), which would correspond to the avoidance of 29,424 kg of CO₂e emissions and an estimated cost saving of €14,879. Training was considered the most effective measure, with no significant association between age and perception.

CONCLUSIONS: Artificial intelligence combined with team perceptions allows precise diagnosis and sustainable strategies, promoting more responsible collective catering policies.

KEYWORDS

Food waste, Innovation, Artificial intelligence, Continuous monitoring, Collective catering, Sustainability

INTRODUÇÃO

O desperdício alimentar (DA) é um problema global que compromete a sustentabilidade dos sistemas alimentares, com impactos ambientais, económicos e nutricionais. A nível mundial, são desperdiçadas 1,05 mil milhões de toneladas de alimentos, reduzindo a disponibilidade de nutrientes e agravando défices nutricionais (1-4). A perda de alimentos, nomeadamente frutas, hortícolas, leguminosas e alimentos fornecedores de proteína, representa também o desperdício dos recursos naturais, energéticos e económicos envolvidos na sua produção (2). A prevalência alarmante de pessoas com carências de micronutrientes, sublinha a importância de preservar alimentos nutritivos (5).

O desperdício aumenta a pressão ambiental, pois a produção alimentar gera 21 a 37% das emissões globais de gases com efeito de estufa, que se anulam quando os alimentos são desperdiçados (6, 7). Em Portugal, as perdas na distribuição e consumo chegam a 10–20% dos alimentos, representando cerca de 8% das emissões nacionais (8-11). Este desafio está presente no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 (meta 12.3), alinhado com os ODS 2 e 13 (12). A monitorização do desperdício torna-se crucial para identificar causas e aplicar soluções. Os métodos tradicionais são limitados (13, 14), porém a Inteligência Artificial (IA) permite a recolha automatizada, precisa e em tempo real, o que melhora a quantificação e o *feedback* (15-18), apesar de ainda pouco estudada (19, 20). A classificação do desperdício por momento (pré ou pós-consumo) e a possibilidade de aproveitamento (evitável ou não) ajuda a definir estratégias essenciais para a minimização dos desperdícios. Na restauração coletiva, o elevado volume de refeições potencia perdas, sendo a IA uma oportunidade para reduzir custos, impactos ambientais e promover dietas sustentáveis (21-25).

OBJETIVOS

Avaliar o DA em Restauração Coletiva (RC) para identificar padrões e definir estratégias de redução ambiental, por forma a quantificar o desperdício por etapa e por tipo de alimento; estimar o impacto económico e ambiental; e avaliar a perceção das equipas sobre causas e medidas de redução.

METODOLOGIA

O presente estudo, de natureza aplicada e desenho longitudinal, integrou uma análise pré-pós implementação de medidas de redução do DA. Foi conduzido em seis Unidades de Restauração Coletiva (URC), recorrendo a metodologias quantitativas e qualitativas.

A monitorização do DA incidiu sobre as diferentes etapas do processo produtivo, nomeadamente: desperdícios de preparação (fase de produção), desperdícios de pós-consumo (restos deixados no prato pelos consumidores) e sobras não servidas em linha de distribuição (sobreprrodução), sendo o desperdício classificado de acordo com estas fases operacionais.

O registo foi realizado através de pesagens sistemáticas, captura de imagem com recurso a um sistema suportado por tecnologia de *machine learning* (ML) e auscultação das equipas operacionais. O sistema *Vision AI* permitiu o reconhecimento automático dos desperdícios por imagem, em simultâneo com o peso registado. Para além da análise descritiva dos dados recolhidos, o sistema integrou um modelo preditivo baseado em extrapolação linear anual, utilizando o período de referência inicial, que estimou as poupanças potenciais em termos de redução de peso de desperdício, custo associado, número equivalente de refeições e emissões de CO₂e (25-28).

O desperdício foi avaliado em kg, g/refeição, por áreas críticas e em

% face às vendas. Após a validação inicial, em que se estabeleceram os períodos de referência, as URC mantiveram o registo em tempo real, apoiado por formação e suporte técnico, para implementar ações de redução. As medidas adotadas nas URC foram estruturadas com base na análise do período de referência e nos principais focos de desperdício identificados pelo sistema *Vision AI* (28). Após a validação dos dados, implementou-se um conjunto de intervenções orientadas para a redução do desperdício evitável ao longo das diferentes etapas produtivas.

As ações incluíram o ajuste dinâmico de porções, com base nos consumos reais e nos padrões de devolução em prato; a otimização do planeamento de ementas e de compras, alinhando quantidades produzidas com a procura efetiva; o reforço do controlo de produção para minimizar a sobreprodução; e a melhoria da gestão de *stocks*, com monitorização mais rigorosa de prazos e rotação de matérias-primas. Foi ainda promovida formação dirigida às equipas operacionais, centrada na sensibilização para o impacto económico, ambiental e social do DA, bem como na adoção de boas práticas de preparação e serviço. Paralelamente, foram implementados mecanismos de monitorização contínua em tempo real, suportados por IA, permitindo *feedback* regular às equipas e acompanhamento dos indicadores de desempenho (kg de desperdício/refeição, custo associado e emissões estimadas de CO₂e). Esta abordagem integrada combinou tecnologia, capacitação humana e adaptações operacionais, promovendo uma estratégia sistemática e progressiva de redução do DA nas URC.

Foi ainda aplicado um questionário às equipas. A análise estatística (SPSS 25, p<0,05) assegurou a robustez dos resultados (29). O estudo cumpre princípios de sustentabilidade, economia circular, ODS e enquadramento com as normas de segurança alimentar (30).

RESULTADOS

As seis URC produzem em média 4190 refeições diárias em dias úteis, com opções variadas, incluindo sopas, pratos principais (carne e peixe), dieta, vegetariano, *buffet* de grelhados, saladas e sobremesas. As URC A, B, C, D, E e F servem departamentos administrativos, laboratórios e trabalhadores fabris. Para monitorizar o desperdício, definiu-se um período de referência em cada URC (2 semanas definidas para este período) selecionado de acordo com a maior fiabilidade dos dados registados até à data, o que permitiu obter do sistema uma análise e cálculo dos indicadores: peso do desperdício por refeição (gramas de desperdício/refeição), peso total do desperdício (kg), valor financeiro (€) e estimativa anual, onde os dados do período de referência são extrapolados para 52 semanas para se poder obter uma análise preditiva do desperdício (Tabela 1).

Na URC A, 80% do custo do desperdício provém dos pratos dos consumidores e 19% do peso das preparações. Com base nos dados recolhidos no período de referência, pode extrapolar-se uma estimativa anual de 10 t de desperdício, o que equivale a um valor de 41 t CO₂e, 23 981 refeições desperdiçadas e 20 553€ perdidos (Figura 1). Na URC B a sobreprodução representa 28% do desperdício e as preparações 59% do peso. Estimam-se 21 t de DA, 91 t CO₂e, 52 793 refeições e 41 316€. Na URC C, 66% do desperdício vem dos pratos e 46% das preparações. Prevê-se 11 t de DA, 46 t CO₂e, 26 592 refeições e 20 679€. Na URC D, a sobreprodução equivaleu a 32% do custo e preparações 40% do peso. Estimam-se 23 t de DA, 97 t CO₂e, 56 312 refeições e 55 724€. Na URC E, 21% do peso vem de preparações e 87% do custo da sobreprodução. Prevê-se 28 t de DA, 119 t CO₂e, 68 945 refeições e 76 443€. Na URC F, a sobreprodução foi responsável por 32% do custo e as preparações refletiram 49% do peso. Estimam-se 40 t de DA, 172 t CO₂e, 99 975 refeições e 97 727 €.

Tabela 1

Períodos de referência das Unidades de Restauração Coletiva

SITE	PERÍODO DE REFERÊNCIA	VALOR DO DA (em €)	PESO DO DA (em Kg)	PESO DO DA POR REFEIÇÃO (g)	CUSTO ANUAL PREVISTO DO DA (em €)
URC A	03 a 16 de fevereiro	395	184	78	20 553
URC B	03 a 16 de fevereiro	795	405	175	41 316
URC C	20 de janeiro a 02 de fevereiro	398	205	121	20 679
URC D	03 a 16 de fevereiro	1 072	433	82	55 724
URC E	17 de fevereiro a 02 de março	1 260	455	104	76 443
URC F	24 de fevereiro a 09 de março	1 879	769	124	97 727
Total		5 799	2 451	684	312 442

DA: Desperdício alimentar
URC: Unidades de Restauração Coletiva

Figura 1

Painel de dados obtido no período de referência da Unidades de Restauração Coletiva A (exemplo do *report* gerado pelo *Vision AI*)

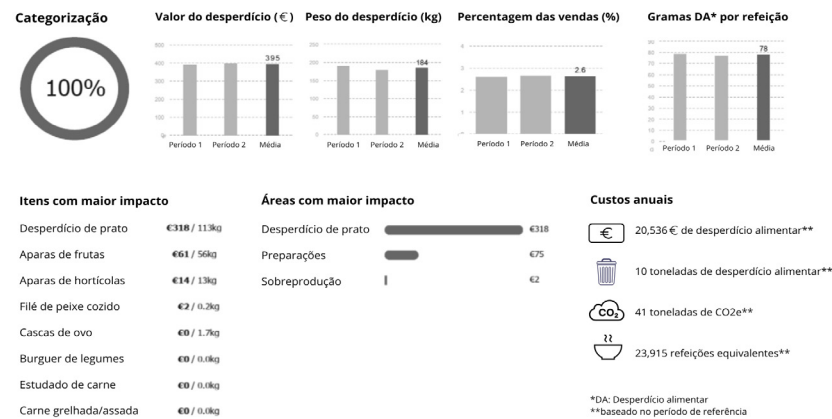


Tabela 2

Distribuição mensal dos dados registados, consoante peso, custo, % das vendas e etapa de desperdício

MÊS	PESO TOTAL DA (Kg)	VALOR GLOBAL (€)	% DA FACE ÀS VENDAS	ETAPA	VALOR (€)	% FACE ÀS VENDAS POR ETAPA	PESO DA DA ETAPA (Kg)
Fevereiro	4713,8	11 084,32	3,75	Desperdício do Prato	6 079,49	2,05	2155,86
				Sobreprodução	2 967,17	1	614,74
				Preparações	1 863,10	0,63	1886,98
				Em stock	153,05	0,05	49,64
				Venda Automática	12,65	0,02	3,2
				Não categorizado	8,87	0	3,34
Março	5750	13 957,27	3,57	Desperdício do Prato	6 784,97	1,73	2406,01
				Sobreprodução	4 405,17	1,13	871,08
				Preparações	2 350,43	0,6	2329,5
				Em stock	283,47	0,07	107,59
				Venda Automática	133,25	0,04	35,85
				Desperdício do Prato	8 959,38	1,85	3177,1
Abril	7741,8	19 145,58	3,95	Sobreprodução	6 307,24	1,3	1281,43
				Preparações	3 111,57	0,64	3056,68
				Em stock	715,16	0,15	210,32
				Venda Automática	40,59	0,01	13,73
				Não categorizado	11,65	0	2,5
				Desperdício do Prato	8 718,05	1,54	3091,49
Maio	8169,3	19 209,69	3,39	Sobreprodução	6 214,02	1,1	1222,55
				Preparações	3 646,89	0,64	3704,83
				Em stock	585,8	0,1	137,86
				Venda Automática	28,09	0,01	6,4
				Não categorizado	13,65	0	2,93
				Resíduos (indiferenciado)	3,19	0	3,19
Junho	5860,7	13 821,72	2,94	Desperdício do Prato	6 746,79	1,44	2392,48
				Sobreprodução	3 693,20	0,78	712,67
				Preparações	2 501,05	0,53	2558,79
				Em stock	825,56	0,18	187,33
				Venda Automática	55,12	0,01	9,4

DA: Desperdício alimentar

Globalmente, o desperdício na etapa do consumo (desperdícios nos pratos correspondente a 41%) e nas preparações (37,3%), destacaram-se como sendo as etapas onde o desperdício gerado é mais elevado, em que os desperdícios resultantes das preparações de frutas corresponderam a 19,3%, e dos hortícolas a 13,5%. O sistema registou o peso do desperdício e a sua origem, detalhado por etapa produtiva (Tabela 2). O desperdício no prato foi a principal causa ao longo de todo o período de estudo, conforme Tabela 2. O sistema IA estimou 14 879€ em desperdícios evitados (Tabela 3). Em março e abril, a URC A e D registaram maior desperdício evitado, enquanto a URC E manteve níveis estáveis; a URC C teve valores baixos e irregulares, e a URC F só apresentou poupanças elevadas nos indicadores analisados em maio e junho (Tabela 4). A análise preditiva estimou os volumes de CO₂ e evitados, variando entre quase 0,7 e mais

de 10 toneladas conforme a URC em destaque. Maio e junho tiveram o maior número de refeições poupadas, com destaque para URC A, B, E e F. O sistema IA previu uma poupança acumulada de 6 843 kg de desperdício, evitando 29 424 kg de CO₂ e, 17 108 refeições e 14 879€ em custos (Tabela 4). Entre fevereiro e junho, a regressão linear indicou uma diminuição média mensal de 981,856 kg, sem significância estatística (p = 0,378), sugerindo uma possível tendência de redução a acompanhar em futuras recolhas (Gráfico 1). Foram aplicados questionários às equipas operacionais, com 65 respostas completas (57% de participação em 114 possíveis). A maioria (87,7%) tem entre 35 e 64 anos, predominando o grupo dos 55 aos 64 anos (32,3%) (Gráfico 2). O género feminino representou 83,1% dos participantes (Gráfico 3).

Tabela 3

Análise preditiva das otimizações operacionais significativas

POUPANÇAS CROSS SITE (EM COMPARAÇÃO COM A REFERÊNCIA)	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	POUPANÇA TOTAL ACUMULADA
Desperdício alimentar evitado (em kg)	150	1 084	1 051	1 896	2 662	6 843
Emissões de CO ₂ e (em kg)	647	4 656	4 516	8 156	11 449	29 424
Refeições equivalentes (em n°)	376	2 707	2 626	4 742	6 657	17 108
Custos evitados (em €)	187	2 501	1 398	4 653	6 140	14 879

Tabela 4

Poupanças obtidas nas diferentes Unidades de Restauração Coletiva

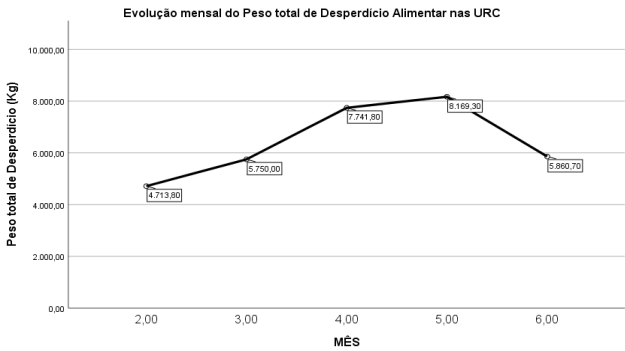
LOCAL	DESPERDÍCIO ALIMENTAR EVITADO (em Kg)						EMISSIONES DE CO ₂ E EVITADAS (em Kg)					
	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	TOTAIS	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	TOTAIS
URC A	0	153	162	19	84	418	0	656	696	82	360	1 794
URC B	150	509	445	390	743	2 237	647	2 189	1 913	1 677	3 194	9 620
URC C	0	43	0	82	29	154	0	184	0	352	126	662
URC D	0	175	110	0	0	285	0	751	473	0	0	1 224
URC E	0	204	334	496	339	1 373	0	876	1 434	2 134	1 459	5 903
URC F	0	0	0	909	1 467	2 376	0	0	0	3 911	6 310	10 221
	150	1084	1051	1896	2662	6 843	647	4656	4516	8156	11449	29 424

LOCAL	CUSTOS EVITADOS (em €)						REFEIÇÕES EQUIVALENTES POUPADAS (em N°)					
	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	TOTAIS	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	TOTAIS
URC A	0	268	333	0	189	790	0	381	405	48	210	1 044
URC B	187	762	374	668	1 582	3 573	376	1 273	1 112	975	1 857	5 593
URC C	0	54	0	245	198	497	0	107	0	205	73	385
URC D	0	520	155	480	188	1 343	0	437	275	0	0	712
URC E	0	500	536	824	782	2 642	0	509	834	1 240	848	3 431
URC F	0	397	0	2 436	3 201	6 034	0	0	0	2 274	3 669	5 943
	187	2 501	1 398	4 653	6 140	14 879	376	2707	2626	4742	6657	17 108

URC: Unidades de Restauração Coletiva

Gráfico 1

Evolução mensal do peso total de desperdício alimentar nas Unidades de Restauração Coletiva



URC: Unidades de Restauração Coletiva

Gráfico 2

Representação gráfica da distribuição da amostra por faixas etárias

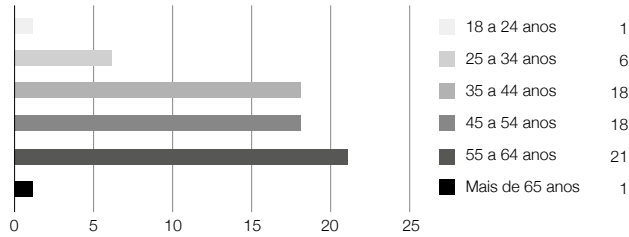
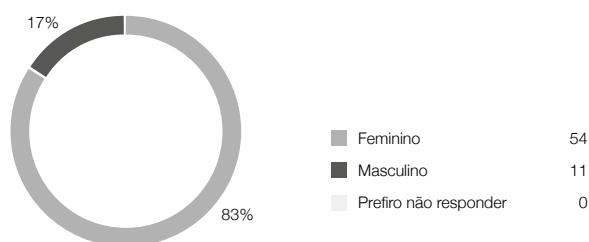


Gráfico 3

Representação gráfica da distribuição da amostra por género



Quanto à perceção do desperdício, 67,7% afirmaram que existe desperdício na cozinha, 27,7% negaram-no e 4,6% mostraram-se incertos. A etapa referente às sobras nos pratos dos clientes foi considerada a mais crítica (52,3%), seguida das etapas de preparação (23,1%) e sobras na linha não servidas (21,5%). As principais causas apontadas foram as categorias do desperdício inevitável (53,8%) e outro – não identificado (24,6%). Os alimentos mais desperdiçados indicados foram hortícolas e frutas (38%), arroz (26%) e outros não identificados pelos inquiridos (20%). Quanto aos procedimentos para redução, 69,2% confirmaram a existência, 27,7% desconheciam-nos e 3,1% disseram não existir. A medida mais eficaz apontada foi a formação da equipa (49,2%), seguida da implementação de sistema de marcações (21,5%) e melhoria no planeamento de compras e menus (18,5%). O teste do Qui-quadrado não revelou associação significativa entre faixa etária e perceção de desperdício ($\chi^2=6,579$, $p=0,765$), nem entre faixa etária e etapa de maior desperdício ($\chi^2=13,968$, $p=0,528$).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos resultados revelou o prato dos consumidores como principal fonte de desperdício, seguido da preparação e da sobreprodução. Entre fevereiro e junho de 2025, registaram-se 32 toneladas de desperdício (≈ 77 mil € e 98 t CO₂e), mas as medidas aplicadas permitiram evitar 6,8 toneladas, recuperar mais de 17 mil refeições e poupar mais de 29 t CO₂e. Cada URC apresentou desafios próprios, desde ajuste de porções a controlo de *stock* e formação. A sobreprodução destacou-se como uma das áreas críticas de perda que carece de acompanhamento. Embora se observasse tendência de redução mensal, esta não foi estatisticamente significativa. A maioria dos colaboradores reconhece práticas de redução, mas 27,7% admite aplicação irregular, reforçando a necessidade de capacitação, sendo a formação considerada a estratégia mais eficaz.

CONCLUSÕES

O estudo identificou as principais causas de DA nas URC e sublinha a importância da monitorização contínua para uma gestão eficaz e redução de custos. Estratégias específicas — como o ajuste dinâmico de porções, a formação, a gestão de *stocks*, a adaptação de ementas e a valorização de subprodutos — são determinantes para minimizar perdas. Embora o desperdício inevitável predomine, é crucial reduzir o evitável e valorizar os subprodutos. Para o futuro, recomenda-se uma análise e monitorização em intervalos temporais mais alargados, com indicadores económicos, nutricionais e ambientais. A expansão e generalização destas práticas podem sustentar a formulação de políticas contra o DA, criando oportunidades estratégicas para implementar modelos inovadores de gestão sustentável e bases de dados nacionais mais robustas.

AGRADECIMENTOS

A equipa autora agradece às entidades parceiras, às equipas operacionais de cozinha e ao apoio institucional e técnico dos clientes, cuja colaboração foi essencial para a realização do estudo.

CONFLITO DE INTERESSES

Nenhum dos autores reportou conflito de interesses.

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR PARA O ARTIGO

O artigo foi desenvolvido por uma equipa de três nutricionistas e três engenheiras alimentares, que colaboraram em todas as fases do estudo, desde conceção, planeamento, recolha e validação de dados, análise estatística, desenvolvimento do questionário, formação das equipas, interpretação e discussão dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Rome: FAO; 2019. Available from: <https://doi.org/10.4060/ca6030en>.
- Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Van Otterdijk R, Meybeck A. Global food losses and food waste: extent, causes and prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2011.
- High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Food losses and waste in the context of sustainable food systems. Rome: HLPE; 2014. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3901e.pdf>.
- United Nations Environment Programme. Food Waste Index Report 2024. Nairobi: UNEP; 2024.
- World Health Organization. Healthy diet [Internet]. Geneva: WHO; 2020. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Geneva: IPCC; 2019.
- United Nations Environment Programme. Food Waste Index Report 2021. Nairobi: UNEP; 2021.
- Costa AIA, Cardoso S, Almeida M, Oliveira M. Quantification of food waste in the Portuguese context: a case study in food services. Waste Manag. 2020;104:123-130. doi:10.1016/j.wasman.2019.12.005.
- Instituto Nacional de Estatística. Desperdício alimentar por habitante (kg/hab.): anual [Internet]. Lisboa: INE [citado 2026 Ago 10]. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0011469&contexto=bd&xleng=pt.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food wastage footprint: impacts on natural resources. Rome: FAO; 2013. Available from: <https://www.fao.org/4/i3347e/i3347e.pdf>.
- Parry A, López L. Food waste in the EU: facts and figures. Brussels: European Commission; 2021.
- United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution A/RES/70/1. New York: United Nations; 2015.
- Papargyropoulou E, Steinberger JK, Wright N, Ujang ZB. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. J Clean Prod. 2014;76:106-115. doi:10.1016/j.jclepro.2014.04.020.
- Schanes K, Dobernick K, Gözet B. Food waste matters: a systematic review of household food waste practices and their policy implications. J Clean Prod. 2018;182:978-991. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.030.
- Martin-Rios C, Hofmann A, Mackenzie N. Sustainability-oriented innovations in food waste management technology. Sustainability. 2021;13(1):210. doi:10.3390/su13010210.
- Kumar V, Gupta A, Sharma R. Artificial intelligence applications for food waste reduction: a review. J Clean Prod. 2022;354:131614. doi:10.1016/j.jclepro.2022.131614.

17. Yahiaoui D, Samir O, Bouikhalene B. Smart systems for food waste management: recent advances and future perspectives. *Comput Electron Agric.* 2021;180:105864. doi:10.1016/j.compag.2020.105864.
18. Braga JM, Silva FM, Ribeiro A. Using computer vision and machine learning for food waste detection and quantification. *Sensors.* 2023;23(4):1978. doi:10.3390/s23041978.
19. Aschemann-Witzel J, De Hooge I, Amani P, Bech-Larsen T, Oostindjer M. Food waste matters: towards a better understanding of consumer behaviour and policy interventions. *Food Policy.* 2020;90:101749. doi:10.1016/j.foodpol.2019.101749.
20. Papargyropoulou E, Lozano R, Steinberger JK, Wright N, Ujang ZB. Reducing food waste through monitoring and intervention strategies: a systematic review. *Resour Conserv Recycl.* 2020;160:104870. doi:10.1016/j.resconrec.2020.104870.
21. Hassan Pour F, Makkawi YT. A review of post-consumption food waste management and its potentials for biofuel production. *Energy Rep.* 2021;7:7759-7784. doi:10.1016/j.egy.2021.10.119.
22. Onyeaka H, Tamasiga P, Nwauzoma UM, Miri T, Juliet UC, Nwaiwu O, et al. Using artificial intelligence to tackle food waste and enhance the circular economy: maximising resource efficiency and minimising environmental impact. *Sustainability.* 2023;15(13):10482. doi:10.3390/su151310482.
23. Onyeaka H, Akinsemolu A, Miri T, Nnaji ND, Duan K, Pang G, et al. Artificial intelligence in food systems: innovative approach to minimizing food spoilage and food waste. *J Agric Food Res.* 2025;21:101895. doi:10.1016/j.jafr.2025.101895.
24. Ikram A, Mehmood H, Arshad MT, Rasheed A, Noreen S, Gnedeka KT. Applications of artificial intelligence (AI) in managing food quality and ensuring global food security. *CyTA J Food.* 2024;22(1):2393287. doi:10.1080/19476337.2024.2393287.
25. Clark QM, Kanavikar DB, Clark J, Donnelly PJ. Exploring the potential of AI-driven food waste management strategies used in the hospitality industry for application in household settings. *Front Artif Intell.* 2025;7:1429477. doi:10.3389/frai.2024.1429477.
26. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food wastage footprint: impacts on natural resources. Summary report. Rome: FAO; 2013. Available from: <https://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/library/details/en/c/266219/>.
27. Waste and Resources Action Programme. Carbon Waste and Resources Metric (CarbonWARIM v2): technical methodology summary. Banbury: WRAP; 2019. Available from: <https://wrap.org.uk/resources/report/carbon-waste-and-resources-metric-carbonwarm2>.
28. Winnow Solutions. Baseline & Savings: Winnow methodology [Internet]. London: Winnow Solutions; 2025 [citado 2026 Ago 10]. Disponível através da documentação técnica da plataforma Winnow.
29. IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 25.0. Armonk (NY): IBM Corp.; 2023.
30. União Europeia. Regulamento (CE) n.º 852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2004, relativo à higiene dos géneros alimentícios. *Jornal Oficial da União Europeia.* 2004;L139:1-54. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32004R0852>