



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

GISELLE ELEOTERIO CORDEIRO CASSIMIRO

**PEGADA DE CARBONO DA MOBILIDADE DO PRODUTOR COMO CRITÉRIO DE
CERTIFICAÇÃO EM FEIRAS AGROECOLÓGICAS**

Recife
2025

GISELLE ELEOTERIO CORDEIRO CASSIMIRO

**PEGADA DE CARBONO DA MOBILIDADE DO PRODUTOR COMO CRITÉRIO DE
CERTIFICAÇÃO EM FEIRAS AGROECOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador: Otacilio Antunes Santana

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Cassimiro, Giselle Eleoterio Cordeiro.

Pegada de carbono da mobilidade do produtor como critério de certificação
em feiras agroecológicas / Giselle Eleoterio Cordeiro Cassimiro. - Recife,
2025.

29 p. : il., tab.

Orientador(a): Otacilio Antunes Santana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências
Ambientais - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Pedaga de carbono.
2. Feiras agroecológicas.
3. Mobilidade do produtor.
4. Certificação. I. Santana, Otacilio Antunes. (Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

GISELLE ELEOTERIO CORDEIRO CASSIMIRO

PEGADA DE CARBONO DA MOBILIDADE DO PRODUTOR COMO CRITÉRIO DE CERTIFICAÇÃO EM FEIRAS AGROECOLÓGICAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: 11/11/2025

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 OTACILIO ANTUNES SANTANA
Data: 14/11/2025 10:00:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Otacilio Antunes Santana / UFPE

Documento assinado digitalmente

 THAIS EMANUELLE MONTEIRO DOS SANTOS SC
Data: 13/11/2025 09:45:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª Thais Emanuelle Monteiro dos Santos Souza / UFPE

Documento assinado digitalmente

 HELOTONIO CARVALHO
Data: 14/11/2025 09:43:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Helotonio Carvalho / UFPE

Recife

2025

“Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e me incentivaram. Em especial, aos meus pais, amigos, uma pessoa que mora no meu coração e professores, que de alguma forma contribuíram para a minha formação.”

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que ajudaram na realização deste trabalho. Aos meus pais, Emanuel e Márcia, e ao meu irmão, Emanuel Júnior, pelo apoio incondicional, pelo suporte nos momentos desafiadores e por serem minha fonte de inspiração durante toda essa jornada.

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade de ter acesso a um ensino de alta qualidade e pelo conhecimento adquirido, bem como pelas diversas atividades que tiveram um impacto significativo no meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao meu orientador, professor Otacílio, agradeço pelo apoio prestado, pela orientação significativa e pelos conhecimentos transmitidos, que foram essenciais para a execução deste trabalho.

A todos os professores do curso, que com sua experiência e ensinamentos enriqueceram minha formação acadêmica e aos amigos, pelo incentivo, apoio e companheirismo.

“Somos a luz e o espírito, parte do espírito que se move através de todas as coisas.”

Serj Tankian, 2019.

RESUMO

O Trabalho de Conclusão de Curso investigou de que modo a distância percorrida, o tipo de combustível e o modal de transporte empregados pelos produtores influenciam a pegada de carbono dos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas de Recife. Nesse contexto, emergiu a necessidade de ampliar a transparência e a rastreabilidade das práticas de mobilidade envolvidas no escoamento da produção, de modo a integrar critérios de sustentabilidade também à dimensão logística. A metodologia adotada envolveu cinco etapas: i) identificação das feiras agroecológicas e dos produtores orgânicos; ii) quantificação das distâncias entre áreas de produção e pontos de exposição; iii) caracterização dos combustíveis e modais de transporte utilizados; iv) cálculo da pegada de carbono por viagem e por unidade de produto; v) proposição de uma etiqueta de certificação ambiental baseada em critérios de mobilidade. Para a coleta de dados, 63 produtores foram entrevistados entre janeiro e setembro de 2025, abrangendo 42 tipos de produtos, todos em conformidade com as normas da ADAGRO e da Prefeitura do Recife. Os resultados demonstraram que o diesel foi o combustível mais utilizado, devido à predominância de veículos de carga, seguido por GNV, gasolina, sistema flex e etanol. As cargas variaram de 60 a 6.000 kg, com consumo médio entre 3 e 33 km/L, resultando em uma pegada de carbono de 1 a 170 kg CO₂e por viagem. A partir deste dado a etiquetagem ambiental foi construída agregando valor ecológico, orientando políticas públicas para arranjos produtivos locais e incentivando práticas logísticas de menor impacto ambiental. Dessa forma, a conclui-se que a distância, o combustível e o modal de transporte são variáveis determinantes na magnitude da pegada de carbono dos produtos orgânicos em feiras agroecológicas.

Palavras-chave: Pegada de carbono; Agroecologia; Transporte; Cadeias curtas; Certificação ambiental.

ABSTRACT

This Undergraduate Dissertation investigated how the distance travelled, the type of fuel and the mode of transport employed by producers influence the carbon footprint of organic products marketed at agroecological fairs in Recife. Within this context, the study highlighted the need to enhance transparency and traceability in mobility practices related to the distribution of production, so as to integrate sustainability criteria into the logistical dimension of agroecological systems. The methodology adopted comprised five stages: i) identification of agroecological fairs and organic producers; ii) quantification of the distances between production areas and points of sale; iii) characterisation of the fuels and modes of transport employed; iv) calculation of the carbon footprint per journey and per product unit; and v) the proposal of an environmental certification label based on mobility criteria. For data collection, 63 producers were interviewed between January and September 2025, covering 42 types of products, all in compliance with the standards established by ADAGRO and the Municipality of Recife. The results demonstrated that diesel was the most frequently used fuel, due to the predominance of freight vehicles, followed by compressed natural gas (CNG), petrol, flex-fuel systems, and ethanol. Load volumes ranged from 60 to 6,000 kg, with an average consumption of 3 to 33 km/L, resulting in carbon footprints ranging from 1 to 170 kg CO₂e per journey. Based on these findings, the proposed environmental labelling system was designed to add ecological value, inform public policies for local productive arrangements, and encourage logistical practices with lower environmental impact. In conclusion, the study confirmed that distance travelled, fuel type, and mode of transport are determinant variables in the magnitude of the carbon footprint of organic products marketed at agroecological fairs.

Keywords: Carbon footprint; Agroecology; Transport; Short supply chains; Environmental certification.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|-------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 2 | MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 4 | CONCLUSÕES | 26 |
| | REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

De que modo a distância percorrida, o tipo de combustível e o modal de transporte utilizados pelos produtores influenciam a pegada de carbono dos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas em Recife? Esta foi a pergunta norteadores deste Trabalho de Conclusão de Curso emergida pela constatação que vários expositores de uma Feira Agroecológica vinham de lugares com significativas distâncias, da produção para a exposição, e com distintos meios de transportes.

Pegada Carbônica é um indicador ambiental que mede a emissão de dióxido de carbono (CO_2), em várias etapas do fluxo de produção (aquisição da matérias-primas, processo de elaboração do produto final, transporte, armazenamento, consumo e descarte), porém neste trabalho foi focado na etapa do transporte. Um mesmo produto (e.g. alface) poderia ter valores ecológicos distintos, pois um teria uma Pegada Carbônica maior do que outro, simplesmente pela distância percorrida no trajeto produção-exposição (Benjaafar; Li; Daskin, 2013; Long; Liu, 2025).

A valorização das cadeias curtas de abastecimento no contexto das feiras agroecológicas fundamenta-se nos aspectos ambientais já mencionados, sociais e econômicos que conferem maior sustentabilidade ao sistema alimentar. Estudos realizados na União Europeia indicam que cadeias alimentares locais podem reduzir em até 60% as emissões de CO_2 relacionadas à logística em comparação a sistemas convencionais de distribuição de alimentos (Ashraf; Javed, 2025; Pandey; Pratap; Habibi, 2025). Sob a perspectiva social, a proximidade entre produtores e consumidores fortalece a confiança, promove a transparência sobre as práticas de cultivo e valoriza a produção de base agroecológica, que muitas vezes não dispõe de certificação formal, mas é legitimada pelas relações de confiança estabelecidas nas feiras (Oliveira; Franca; Rangel, 2018; Franca; Alves; Wantenberg, 2024).

Economicamente, a venda direta elimina intermediários, possibilitando ao agricultor familiar captar maior valor agregado de sua produção, o que contribui para a manutenção da agricultura em pequena escala e para a geração de renda nos territórios rurais. No caso das feiras agroecológicas, esse arranjo fortalece a soberania alimentar, ao garantir alimentos frescos, de base local e produzidos sob princípios de justiça ambiental e social, articulando objetivos globais de mitigação climática com práticas territoriais de desenvolvimento sustentável (Bisht, 2021).

Baseado nisto, a proposição de uma etiqueta ambiental baseada em uma certificação nos padrões de mobilidade dos produtos orgânicos, desde sua origem até

a exposição em feiras agroecológicas, justifica-se pela necessidade de ampliar a transparência e a rastreabilidade das cadeias curtas de abastecimento. Embora a produção agroecológica seja amplamente reconhecida por reduzir o uso de insumos químicos e preservar a biodiversidade, os impactos relacionados ao transporte ainda constituem um ponto crítico de emissão de gases de efeito estufa. A incorporação de critérios de mobilidade em processos de certificação permitiria avaliar não apenas a qualidade ecológica do cultivo, mas também a sustentabilidade da logística empregada, estabelecendo parâmetros objetivos de pegada carbônica.

Esse tipo de etiquetagem inovadora reforçaria o valor ecológico dos produtos, diferenciando-os em um mercado que cresce de forma consistente (Muzzioli et al., 2025). Além disso, a certificação contribuiria para orientar políticas públicas de incentivo à mobilidade sustentável e à organização de arranjos produtivos locais, estimulando o uso de modais menos poluentes, como veículos elétricos ou transporte coletivo de cargas (Korkmaz; Ozyesil, 2025). Por fim, o reconhecimento formal dos padrões de mobilidade nas feiras agroecológicas fortaleceria a confiança do consumidor, ampliaria a competitividade dos agricultores familiares e consolidaria a articulação entre mitigação climática, soberania alimentar e desenvolvimento territorial sustentável.

A partir deste preâmbulo, a hipótese deste trabalho foi: A distância percorrida, o tipo de combustível e o modal de transporte empregados no deslocamento dos produtores constituem variáveis determinantes na magnitude da pegada de carbono associada aos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas em Recife. Então, o objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso foi analisar a influência da distância percorrida, do tipo de combustível e do modal de transporte utilizados pelos produtores na determinação da pegada de carbono dos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas em Recife.

Assim, os objetivos específicos delimitados foram: i) quantificar as distâncias percorridas pelos produtores até as feiras agroecológicas selecionadas; ii) caracterizar os tipos de combustível e modais de transporte empregados no deslocamento dos produtores; iii) estimar a pegada de carbono associada ao transporte dos produtos orgânicos, considerando as variáveis de mobilidade; iv) comparar a contribuição relativa de cada variável (distância, combustível e modal de transporte) para a pegada de carbono total; v) propor uma certificação baseada nos padrões de mobilidade identificados (Selo de Arranjos Produtivos Locais).

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A intensificação dos impactos das mudanças climáticas e a elevação das exigências por rastreabilidade ambiental nos mercados globais têm estimulado uma reformulação profunda das práticas produtivas em múltiplos setores, especialmente na agricultura. Nesse cenário, a quantificação da pegada de carbono — entendida como a estimativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) direta ou indiretamente associadas a uma atividade produtiva — emerge como instrumento estratégico para diagnóstico, comparabilidade e proposição de medidas de mitigação (OECD, 2025).

Particularmente no contexto da agricultura orgânica, cujo arcabouço normativo preconiza a conservação ambiental, a minimização de insumos sintéticos e o fortalecimento da resiliência ecológica, a adoção de métricas de pegada de carbono adquire papel central para demonstrar coerência entre discurso e prática (O'Connor; Ellens, 2025)

Uma das dimensões frequentemente subestimadas nos estudos de pegada de carbono agrícola é o deslocamento do produtor — isto é, o transporte exigido para escoamento, participação em feiras, entregas, rotas de coleta ou acesso a mercados consumidores. Essa mobilidade pode, em muitos casos, representar uma parcela significativa das emissões, dependendo da distância, modo de transporte, eficiência dos veículos e frequência dos deslocamentos. Diferentes evidências apontam que, mesmo em cadeias com ênfase em circuitos curtos (ex: feiras agroecológicas, mercados locais), produções localizadas em regiões urbanas ou metropolitanas podem demandar deslocamentos consideráveis do produtor para entregar ou comercializar produtos, o que exacerba a intensidade de emissões associadas ao transporte (Miao et al., 2023)

Além disso, estudos sistemáticos sobre transporte destacam que esse setor responde por uma fração expressiva das emissões globais: uma revisão recente (Wang et al., 2024) aponta que o transporte — sobretudo rodoviário — é um dos principais vetores de emissão de CO₂ nas cadeias de mobilidade moderna. Outro estudo de revisão sistemática classifica cinco métodos de contabilização de emissões de transporte (medição direta, estimativas baseadas em consumo de combustível,

top-down, análise de rede, modelagem empírica) e discute seus limites em cenários locais e setoriais (Liu; Qiu, 2023).

A mobilidade do produtor, portanto, quando incorporada como variável nos cálculos de pegada de carbono, permite capturar uma parte do “custo logístico ambiental” que pode, em alguns casos, neutralizar ganhos advindos de práticas agrícolas mais sustentáveis. Dessa forma, desconsiderar essa variável implica risco de subestimação sistemática das emissões totais. A proposta de incluir a mobilidade do produtor como critério de certificação em sistemas orgânicos se justifica por vários vetores: i) legitimidade e alinhamento regulatório — incorporar essa dimensão acercaria o setor orgânico a compromissos públicos de mitigação de carbono, como os pactos por neutralidade climática ou metas nacionais de redução de emissões (ex: contribuições nacionalmente determinadas – NDCs); ii) transparência e credibilidade frente ao consumidor — divulgar o impacto logístico real confere maior credibilidade às reivindicações de sustentabilidade dos produtos orgânicos e pode diferenciar o produto no mercado; iii) incentivo à logística de menor impacto — ao penalizar (ou valorizar) produtores com deslocamentos menos intensos, a certificação estimula alternativas como agrupamento logístico, transporte coletivo, logística reversa ou pontos de venda mais próximos; iv) instrumento de política pública — esse critério pode servir como indicador nas políticas de apoio agroambiental ou no direcionamento de subsídios para cadeias agrícolas de menor intensidade de emissões de transporte. Essa estratégia situa o sistema orgânico como agente ativo na mitigação logística, não apenas na fase produtiva (Condeixa et al., 2022).

O conceito de ‘food miles’ — correspondente à distância percorrida pelos alimentos desde sua origem até o consumidor final — é central para dimensionar a dependência logística de um sistema alimentar (Edwards-Jones et al., 2008). Mesmo em sistemas que promovem circuitos curtos, nem sempre é possível evitar deslocamentos mais longos, sobretudo em contextos urbanos com consumidores concentrados. O cálculo da distância percorrida oferece uma métrica concreta da intensidade logística e permite comparações entre modelos de comercialização (direta, cooperativa, via intermediários) (Van Passel, 2013).

Além da distância, a escolha do tipo de veículo (moto, carro leve, utilitário, caminhão) e o tipo de combustível (gasolina, diesel, biocombustível, eletricidade) influenciam fortemente o fator de emissão por tonelada-quilômetro ($t\cdot km$). Segundo estudos sobre transporte, a eficiência energética e os avanços tecnológicos (veículos

elétricos, hidrogênio, otimização via inteligência artificial) são apontados como alvos de mitigação para reduzir a intensidade de carbono no setor logístico (Wang et al., 2024).

Na agroecologia, entre as metodologias difundidas para mensurar a pegada de carbono destacam-se (Zhang; Asutosh; Zhang, 2024): i) análise do Ciclo de Vida: permite avaliar impactos ambientais ao longo de todo o ciclo do produto, desde insumos, produção, transporte, uso e disposição final. Essa abordagem suporta comparações entre sistemas produtivos e identificação de pontos de intervenção; ii) protocolo GEE: oferece diretrizes de quantificação, reporte e verificação de emissões em diferentes escopos, podendo ser adaptado para cadeias agrícolas e logísticas de escoamento; e iii) frameworks integrados de balanço de carbono em nível de campo, arcabouço escalável para quantificar resultados de carbono no nível de campo agrícola, integrando estoques de carbono, fluxos de GEE e sequestro — abordagem adaptável para incluir variáveis logísticas.

Em âmbito global, a ‘International Federation of Organic Agriculture Movements’ (IFOAM) atua como organismo de referência para harmonização normativa e difusão de princípios de sustentabilidade e integridade ecológica nos sistemas orgânicos. A IFOAM promove equivalência entre esquemas de certificação e estabelece diretrizes de confiança e rastreabilidade — inclusive no Brasil, via reconhecimentos mútuos ou critérios compatíveis (IFOAM, 2025). No Brasil, a legislação que regula a produção orgânica se alicerça na Lei nº 10.831/2003 e no Decreto nº 6.323/2007, que definem critérios para produção, insumos, processamento, rotulagem e comercialização de produtos orgânicos, de modo a assegurar ao consumidor a origem e qualidade dos alimentos (BRASIL, 2003).

É válido destacar que algumas certificações emergentes — como a ISCC Carbon Footprint Certification (Food and Agriculture) — buscam integrar métricas de pegada de carbono aos produtos agroalimentares, ampliando o escopo da certificação para incluir impacto climático na avaliação do produto final (ISCC, 2025). Assim, ao incorporar a mobilidade do produtor como critério de certificação, os sistemas orgânicos podem se diferenciar frente a mercados emergentes de rotulagem de carbono e alinhar-se a exigências futuras de importação.

Em produções orgânicas, os ganhos ambientais (menor uso de insumos químicos, maior matéria orgânica e sequestro de carbono) devem ser considerados de forma integrada ao cálculo da pegada, não excluindo seu transporte. Essa

abordagem integrada pode inverter comparações entre sistemas, dependendo das condições de solo e práticas adotadas (O'Connor; Ellens, 2025).

Em síntese, a integração da mobilidade do produtor como componente da pegada de carbono e, por conseguinte, como critério de certificação orgânica representa um avanço metodológico e estratégico para o setor. Essa abordagem amplia a visão de sustentabilidade para além do campo, capturando o custo ambiental do escoamento logístico. Ao unir metodologias robustas de cálculo (LCA, GHG Protocol, frameworks de balanço de carbono) com fatores de emissão regionalizados, é possível gerar indicadores mais fidedignos e comparáveis entre sistemas. No plano regulatório, essa estratégia fortalece a credibilidade do setor orgânico, aproxima-o de metas nacionais de mitigação climática e oferece diferenciais competitivos em mercados sensíveis ao carbono. A adoção desse critério pode estimular inovações logísticas de menor impacto e incentivar sinergias comerciais locais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico seguiu cinco etapas: i) identificação das feiras agroecológicas em que os produtores vendem produtos orgânicos em Recife; ii) quantificação da distância percorrida do produtor da sua área de produção até a exposição na feira; iii) identificação do combustível e do modal de transporte utilizado no trajeto mencionado; iv) cálculo da variação da pegada carbônica por viagem e produto exposto; e v) proposta de certificação do produto pela pegada carbônica.

As feiras foram identificadas a partir do portal nacional Mapa das Feiras Orgânicas (2025), dos portais regionais: ADAGRO (Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco, 2025) e da Prefeitura do Recife (2025). Nas feiras, para coleta de dados, foram entrevistados expositores de produtos orgânicos que produziam seus próprios produtos. O termo feirantes pode ser utilizado para este público-alvo, porém incluem os expositores que não produzem, aqueles que pegam o produto em centros de abastecimento e vendem.

Na entrevista, quatro variáveis foram registradas via entrevista: i) Quantos quilômetros percorre da área de produção até a exposição na feira? ii) Qual modal de transporte (marca, modelo, ano) e combustível utilizado neste trajeto? iii) Qual a média de consumo do transporte (km/L); e iv) Qual a carga média transportada quando o modal está pronto para escoamento da produção? Em todos os casos foram considerados e confirmados que o transporte viaja com sua capacidade máxima e que a área de produção foi a mesma área de encaixotamento e carregamento no transporte.

O cálculo da Pegada Carbônica por quilometragem [$\text{kg CO}_2\text{e}/\text{km} = (\text{kg CO}_2\text{e}/\text{L}) / (\text{km/L})$] foi realizada a partir dos índices fornecidos pelas agências ambientais governamentais e de organizações não governamentais (Tabela 1), e após fazer esta matemática, a Pegada Carbônica por Viagem (Produção-Exposição) = $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{km} * \text{km percorridos}$.

Tabela 1 – Emissão de CO₂e por tipo de combustível.

| Índice | Tipo de Combustível | Fonte |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Diesel ≈ 2,68 kg CO ₂ e/L | |
| | Gasolina ≈ 2,31 kg CO ₂ e/L | EAI (2025) |
| Emissão por Combustível (poço-à-roda) | Etanol ≈ 1,61 kg CO ₂ e/L | EPA (2025) |
| | Flex ≈ 1,96 kg CO ₂ e/L | CO ₂ Everything (2025) |
| | Gás Natural Veicular (GNV) ≈ 3,4 kg CO ₂ e/L* | SergipeGas (2025) |

*Tanque GNV = 15m³ = 60L

Fonte: Elaborada pela Autora.

A partir dos dados de Pegada Carbônica por massa ou unidade, uma etiqueta de certificação ambiental foi proposta a partir das instruções normativas de etiquetagem do Programa Brasileiro de Etiquetagem (INMETRO, 2025), em pesos de A a E, separados pelo quintil (20%) gerado da variável Pegada Carbônica por viagem (g CO₂e/kg de alimento ou g CO₂e/unidade de alimento).

Os dados e informações foram coletados de janeiro a setembro de 2025 e os gráficos e análises foram construídos no programa Microsoft Excel 365 (2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados ocorreu com 63 produtores que produzem, transportam, expõe e vende seus produtos orgânicos nas feiras (Tabela 2). Estes expunham 42 tipos de produto: Abóbora (Jerimum), Abobrinha, Açaí, Acelga, Acerola, Agrião, Alface, Alho, Banana, Batata, Batata-doce, Berinjela, Beterraba, Cará, Cebolinha, Cenoura, Coentro, Compostos orgânicos (Adubos), Couve, Confeitaria (Doce, geleia, bolo e torta), Espinafre, Feijão verde, Hortelã, Inhame, Laranja, Limão, Macaxeira, Manga, Manjericão, Mexerica/Tangerina, Milho, Mudas de plantas, Pães (vegano, sem lactose/glúten, integrais, artesanais), Polpa de frutas, Quiabo, Rabanete, Repolho, Rúcula, Salgados veganos (tapioca e pastéis), Salsinha/Salsa, Sementes agroecológicas, e Tomate. Todos os produtos estavam em acordo com as premissas das feiras propostas pelo ADAGRO (Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco, 2025) e da Prefeitura do Recife (2025).

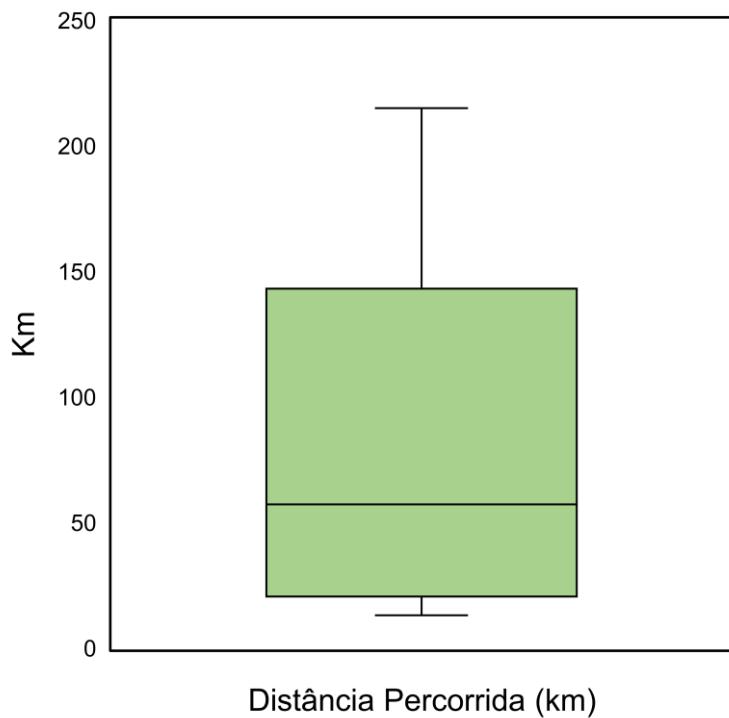
Tabela 2 – Feiras Agroecológicas (Recife/PE) onde foram coletados os dados.

| Feiras | Bairro | Produtores Entrevistados |
|--|--------------------|--------------------------|
| Feira de Produtos Orgânicos da Aurora | Bairro do Recife | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Bairro do Barro | Barro | 2 |
| Espaço Agroecológico de Boa Viagem | Boa Viagem | 2 |
| Feira Agroecológica da Boa Vista | Boa Vista | 4 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Secretaria Estadual de Saúde | Bonji | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos da CEHAB | Campo Grande | 2 |
| Espaço Agroecológico do Sítio da Trindade | Casa Amarela | 1 |
| Feira Agroecológica do Museu do Homem do Nordeste | Casa Forte | 3 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Fundação Osvaldo Cruz - FIOCRUZ | CDU | 2 |
| Feira de Economia Solidária e Agroecologia da UFPE/ CCSA | CDU | 3 |
| Feira de Produtos Orgânicos na UFPE | CDU | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Juventude do Cordeiro | Cordeiro | 2 |
| Feira de Produtos Orgânicos da CEASA | Curado | 5 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Derby | Derby | 3 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Associação dos Servidores da Sudene | Engenho do Meio | 2 |
| Feira Agroecológica do Espinheiro | Espinheiro | 1 |
| Espaço Agroecológico das Graças | Graças | 4 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Fórum Desembargador Rodolfo Aureliano | Ilha Joana Bezerra | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Lagoa do Araçá | Imbiribeira | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Detran Recife | Iputinga | 3 |
| Feira Agroecológica da Justiça Federal | Jardim São Paulo | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos da Beira Rio | Madalena | 4 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Rosarinho | Rosarinho | 3 |
| Feira de Produtos Orgânicos do IPA (Instituto Agronômico de PE) | San Martim | 2 |
| Espaço Agroecológico de Santo Amaro | Santo Amaro | 1 |
| Feira de Produtos Orgânicos do Sefaz | Santo Antônio | 1 |
| Espaço Agroecológico da Várzea | Várzea | 4 |
| Feira Agroecológica da Várzea | Várzea | 3 |

Fonte: Elaborada pela Autora.

Os dados evidenciaram que a distância média percorrida pelos produtores entre a área de produção e a feira agroecológica (produção–exposição) foi de 57 km, variando entre 8 km, nas localidades mais próximas, e mais de 220 km, nas mais distantes (Figura 1). Considerando essa amplitude, poder-se-ia supor que os produtos oriundos de áreas mais afastadas demandassem extensões territoriais maiores para cultivo ou apresentassem especificidades edafoclimáticas que justificassem sua localização, como a proximidade de cursos d’água (Van Passel, 2013). Contudo, a evidência empírica contradiz essa expectativa: observou-se, por exemplo, que hortaliças como a alface foram comercializadas na mesma feira, ainda que com uma diferença superior a 70 km no percurso produção–exposição, revelando uma heterogeneidade logística pouco associada às necessidades intrínsecas do cultivo.

Figura 1 – Variação da Distância Percorrida pelo Produtor da área de produção a feira agroecológica ($n = 63$).

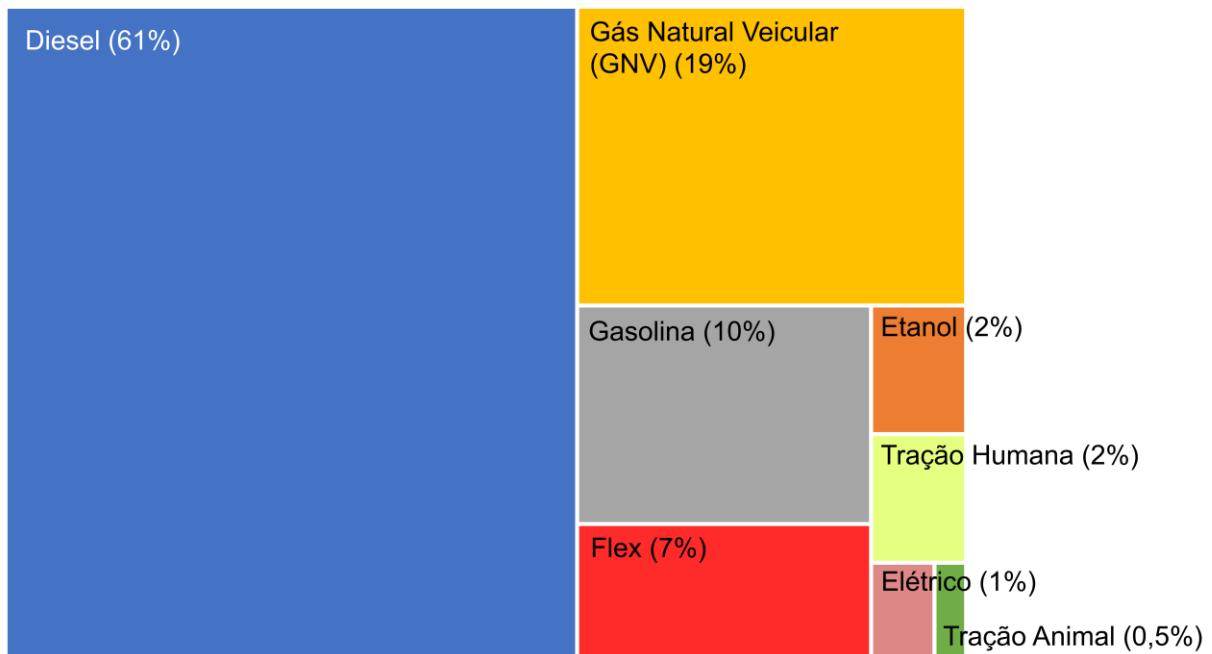


Fonte: Elaborada pela Autora.

A tabulação dos dados revelou que o diesel constituiu o combustível mais utilizado no transporte dos produtos, seguido pelo gás natural veicular (GNV), gasolina, sistema flex (gasolina e/ou etanol) e, em menor proporção, pelo etanol (Tabela 2). A predominância do diesel explica-se pelo perfil dos modais de transporte empregados, notadamente veículos voltados ao deslocamento de cargas de maior

volume e massa. Os demais combustíveis, por sua vez, refletem a prevalência de veículos funcionais — comumente empregados tanto em atividades laborais quanto no transporte de mercadorias — no contexto estudado (PECidão, 2025). Identificaram-se ainda outros tipos de combustível ou formas de tração, que, entretanto, representaram menos de 3% do total: tração humana (bicicletas e embarcações de pequeno porte), elétrica (motocicletas e bicicletas) e tração animal (carroças). Cabe destacar que esta última modalidade encontra-se proibida por legislação municipal em Recife desde 2013 (Recife, 2013), inviabilizando seu uso formal nesse tipo de atividade.

Figura 2 – Tipo de Combustível utilizado nos Transportes pelo Produtor da área de produção a feira agroecológica (n = 63).



Fonte: Elaborada pela Autora.

No âmbito dos modais de transporte terrestre autônomos identificados na pesquisa (Tabela 3; Figura 3), observou-se a utilização de praticamente todas as categorias, com exceção de carros híbridos e SUVs elétricos, que não foram registrados entre os produtores avaliados. A carga transportada variou entre 60 kg e 6.000 kg, enquanto o consumo médio de combustível oscilou de 3 km/L a 33 km/L, resultando em uma amplitude de pegada carbônica por viagem entre aproximadamente 1 e 170 kg CO₂e. Esses achados reforçam a pertinência das recomendações presentes na literatura, segundo as quais a priorização de arranjos

produtivos locais desempenha papel crucial não apenas no âmbito ambiental, mas também social, fortalecendo a relação produtor-consumidor e contribuindo para o aprimoramento da percepção de qualidade dos alimentos ofertados (Edwards-Jones, 2008; França; Alves; Wanterberg, 2024; O'Connor; Elles, 2025). Ressalta-se, ainda, um caso singular em que um produtor realizou aproximadamente 90% do transporte de sua produção por via fluvial, no trecho UR7 Várzea – Praça do Derby (≈ 7 km), evidenciando alternativas logísticas de menor impacto ambiental.

Tabela 3 – Pegada Carbônica por viagem (Produção a Feira Agroecológica) de cada modal de transporte ($n = 63$). \bar{x} = média, σ = desvio padrão.

| Modal Transporte | Combustível | Carga (kg) | | Distância (km) | | Consumo (km/L) | | Pegada Carbônica (kg CO ₂ e/Viagem) | |
|---------------------------------|-------------|---------------|----------|-------------------|-----------|-------------------|----------|---|-------------|
| | | \bar{x}^* | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ | \bar{x} | σ |
| Tração Animal | | 120 | - 19 | 18 | ± 6 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Tração Humana (Bicicleta/Barco) | | 60 | - 17 | 7 | ± 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Motocicleta | Gasolina | 125 | - 11 | 16 | ± 9 | 33 | ± 5 | 1,12 | $\pm 0,09$ |
| Motocicleta | Elétrico | 125 | - 16 | 9 | ± 1 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Até 3.500 kg | | | | | | | | | |
| Carro | GNV | 350 | - 36 | 187 | ± 16 | 17 | ± 3 | 37,40 | $\pm 2,91$ |
| Carro | Gasolina | 350 | - 52 | 56 | ± 9 | 10 | ± 4 | 12,94 | $\pm 1,05$ |
| Carro | Etanol | 350 | - 77 | 47 | ± 12 | 8 | ± 2 | 9,46 | $\pm 0,73$ |
| Carro | Flex | 350 | - 15 | 61 | ± 24 | 9 | ± 4 | 13,28 | $\pm 0,99$ |
| Carro | Elétrico | 350 | - 63 | 21 | ± 5 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| SUV | Gasolina | 450 | - 27 | 63 | ± 3 | 10 | ± 2 | 14,55 | $\pm 1,12$ |
| Picapes | Diesel | 650 | - 96 | 201 | ± 39 | 6 | ± 3 | 89,78 | $\pm 7,36$ |
| Picapes | Gasolina | 650 | - 77 | 69 | ± 29 | 8 | ± 2 | 19,92 | $\pm 2,01$ |
| Vans Pequenas | Diesel | 650 | - 101 | 106 | ± 10 | 5 | ± 3 | 56,82 | $\pm 4,59$ |
| Vans Pequenas | Gasolina | 650 | - 29 | 76 | ± 8 | 6 | ± 1 | 29,26 | $\pm 3,62$ |
| Acima de 3.500 | | | | | | | | | |
| Caminhões | Diesel | 6000 | - 127 | 190 | ± 107 | 3 | ± 1 | 169,73 | $\pm 15,36$ |
| Caminhonetas | Diesel | 6000 | - 68 | 209 | ± 55 | 5 | ± 1 | 112,02 | $\pm 9,01$ |
| Vans de Carga | Diesel | 6000 | - 94 | 117 | ± 12 | 6 | ± 2 | 52,26 | $\pm 3,52$ |
| Ônibus Adaptado | Diesel | 6000 | - 101 | 213 | ± 3 | 4 | ± 3 | 142,71 | $\pm 12,55$ |
| Micro-ônibus | Diesel | 6000 | - 161 | 187 | ± 18 | 5 | ± 2 | 100,23 | $\pm 8,95$ |
| Vans Grandes | Diesel | 6000 | - 69 | 153 | ± 16 | 6 | ± 1 | 68,34 | $\pm 5,87$ |

*Limite por lei ou indicação de fábrica.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Figura 3 – Diversidade do modal de transporte.

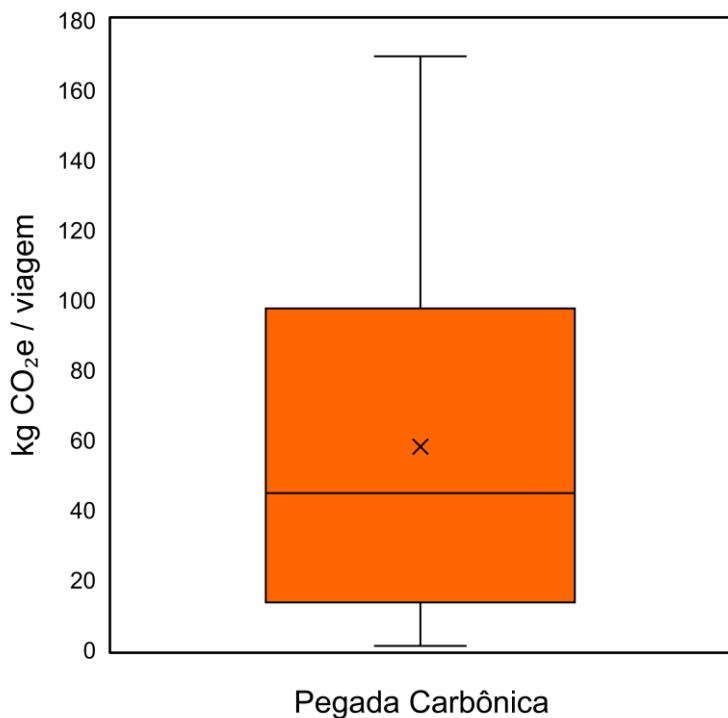


Fonte: Elaborada pela Autora.

A análise realizada evidenciou que a pegada carbônica média por viagem, considerando o trajeto entre a área de produção e a feira agroecológica, correspondeu a 45 kg CO₂e por deslocamento. Esse valor, relativamente elevado, foi fortemente influenciado pelos produtores localizados em regiões mais distantes, cujo uso de modais de transporte e tipos de combustível apresenta elevado potencial emissor de gases de efeito estufa (Figura 4). Como consequência, observou-se que um mesmo

produto poderia apresentar uma variação da pegada carbônica por unidade ou massa da ordem de aproximadamente 1.725%, refletindo significativa heterogeneidade nas emissões ao longo da cadeia de suprimentos. Tal constatação reforça a relevância de se estabelecer mecanismos de rotulagem diferenciada, capazes de distinguir produtos cuja pegada carbônica é ampliada em determinadas etapas do processo produtivo daqueles que, por razões tecnológicas, logísticas ou de manejo, conseguem mitigar emissões em algum ponto da cadeia (Benjaafar; Li; Daskin, 2013; Bisht, 2021; Condeixa, 2022; Liu; Qiu, 2023; Long; Liu, 2025; Pandey; Pratap; Habibi, 2025).

Figura 4 – Variação da Pegada Carbônica por viagem da área de produção a feira agroecológica ($n = 63$).



Fonte: Elaborada pela Autora.

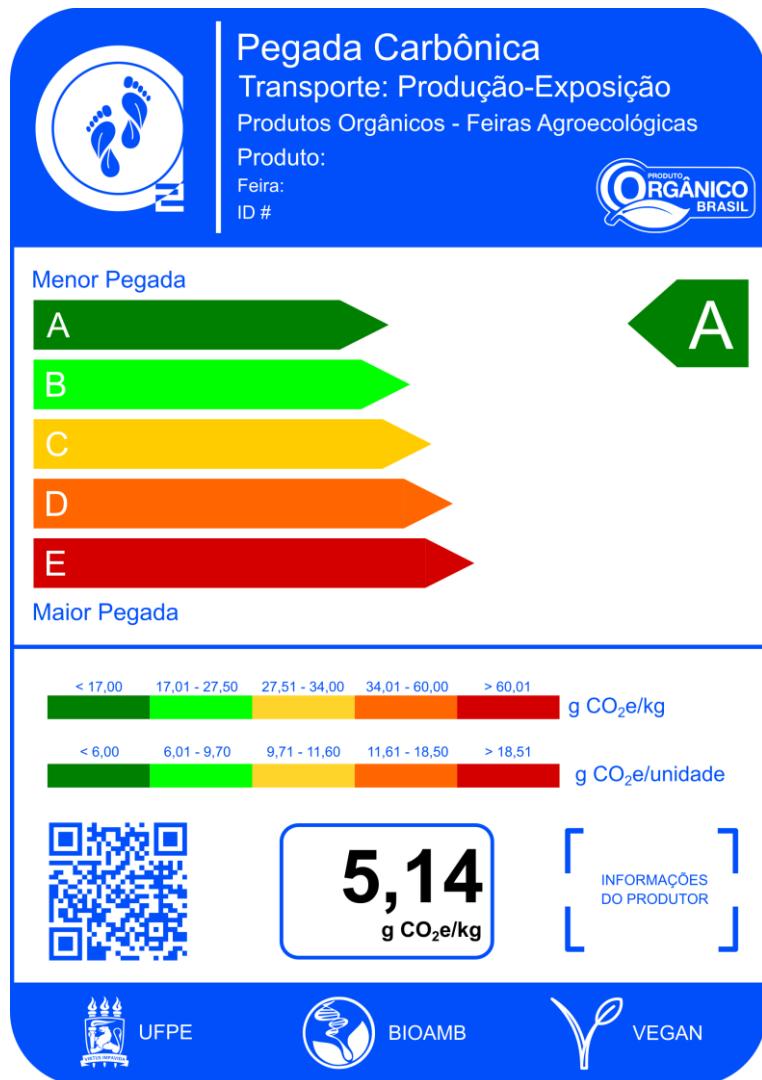
Tabela 4 – Pegada Carbônica estimada por quilo ou unidade de verdura transportado (Produção a Feira Agroecológica) ($n = 63$).

| Produto Orgânico | Amplitude | | Variável |
|--|-----------|--------|---|
| | Mínimo | Máximo | |
| 1 kg (e.g. macaxeira, cenoura, batata, ...) | 8,71 | 138,12 | g CO ₂ e/kg de alimento |
| Unidade Verdura ≈ 350 gramas (e.g. alface, couve, rúcula, ...) | 3,04 | 48,34 | g CO ₂ e/unidade de alimento |

Fonte: Elaborada pela Autora.

A partir das informações acima, a proposta de uma etiqueta de certificação foi concebida em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro, 2025), no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (Figura 5).

Figura 5 – Proposta de Design da Etiquetagem da Certificação pela Pegada Carbônica.



Fonte: Elaborada pela Autora.

Inicialmente, a etiqueta contemplará informações de identificação do produto, da feira e do número da barraca expositora (ID), bem como a certificação do item como alimento/produto orgânico. Em seguida, será apresentada a classificação do produto segundo sua pegada de carbono, representada em escala padronizada. A etiqueta também incluirá um código QR, direcionando a um ambiente virtual (como página eletrônica, rede social ou plataforma institucional), além de um espaço

destinado ao logotipo e endereço do produtor, contendo informações cadastrais relevantes, tais como CNPJ, dados do sítio de produção ou identificação de microempreendedor individual, bem como atributos do produto (e.g., valor energético). Na seção central inferior, será exibido o valor exato da pegada de carbono associada ao transporte do produto, expresso em g CO₂e por quilograma ou unidade do alimento. Informações complementares poderão ser dispostas ao final da etiqueta, conforme a necessidade de comunicação ao consumidor.

4 CONCLUSÕES

Os objetivos propostos neste trabalho de conclusão de curso foram cumpridos e a hipótese aceita: “A distância percorrida, o tipo de combustível e o modal de transporte empregados no deslocamento dos produtores constituem variáveis determinantes na magnitude da pegada de carbono associada aos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas em Recife”.

Os resultados obtidos permitiram comprovar que a distância percorrida, o tipo de combustível e o modal de transporte configuram-se como variáveis centrais na determinação da pegada de carbono dos produtos orgânicos comercializados em feiras agroecológicas de Recife. A heterogeneidade identificada entre produtores, que variaram desde trajetos curtos de oito quilômetros até deslocamentos superiores a duzentos quilômetros, evidencia a complexidade logística e os impactos ambientais associados a essas práticas. Observou-se, ainda, que o uso predominante do diesel reforça o peso das escolhas energéticas na composição das emissões. A amplitude da pegada carbônica, que variou entre 1 e 170 kg CO₂e por viagem, revela o potencial de diferenciação ambiental existente mesmo em cadeias curtas, destacando a urgência de políticas públicas que estimulem práticas de mobilidade menos emissoras e valorizem arranjos produtivos locais.

Diante dessas constatações, a proposta de uma etiqueta de certificação ambiental baseada nos padrões de mobilidade emerge como instrumento estratégico para agregar valor ecológico, promover maior transparência no consumo e orientar o fortalecimento de cadeias agroecológicas de menor impacto. Essa rotulagem diferenciada, construída em consonância com diretrizes institucionais e integrando recursos digitais como códigos QR, possibilita ampliar a rastreabilidade dos produtos e potencializar o engajamento do consumidor em escolhas sustentáveis. Mais do que um mecanismo informativo, tal certificação pode induzir a reconfiguração das práticas logísticas, incentivando o uso de modais alternativos, de combustíveis menos poluentes e de circuitos de proximidade. Conclui-se, portanto, que a incorporação da dimensão da mobilidade no debate sobre sustentabilidade agroecológica não apenas quantifica impactos ambientais, mas abre caminhos para políticas públicas inovadoras, capazes de articular justiça ambiental, fortalecimento dos territórios e valorização do consumo consciente.

REFERÊNCIAS

- ADAGRO - Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco. (2025). **Feiras Orgânicas**. Disponível em: https://www.adagro.pe.gov.br/images/programa-estadual-de-agrotoxicos/feiras-organicas/feiras_organicas.pdf Acesso em Jan 2025
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2025). **Instrução Normativa (IN) nº 75/2020**. Disponível: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143> Acesso em Jan 2025
- ASHRAF, J.; JAVED, A. The Role of Technological Innovation and Renewable Energy in Sustainable Development: Reducing the Carbon Footprint of Food Supply Chains. **Sustainable Development**, e70165, 2025. Doi: 10.1002/sd.70165
- BENJAAFAR, S.; LI, Y.; DASKIN, M. Carbon Footprint and the Management of Supply Chains: Insights From Simple Models. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 10, n. 1, p. 99–116, 2013. Doi: 10.1109/TASE.2012.2203304
- BISHT, I. S. Agri-food system dynamics of small-holder hill farming communities of Uttarakhand in north-western India: socio-economic and policy considerations for sustainable development. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 45, n. 3, p. 417–449, mar. 2021. Doi: 10.1080/21683565.2020.1825585
- BRASIL. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003**. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm Acesso em Fev 2025
- EDWARDS-JONES, G. et al. Testing the assertion that local food is best: the challenge of an evidence-based approach. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 265–274, 2008. Doi: 10.1016/j.tifs.2008.01.008
- EIA - Energy Information Administration. (2025). **Carbon Dioxide Emissions Coefficients**. Disponível em: https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php Acesso em Jan 2025
- EPA - Environmental Protection Agency. (2025). **Greenhouse Gas Equivalencies Calculator**. Disponível em: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator> Acesso em Jan 2025
- CONDEIXA, L. D. et al. Evaluating cost impacts on reverse logistics using an Economic Order Quantity (EOQ) model with environmental and social considerations. **Central European Journal of Operations Research**, v. 30, n. 3, p. 921–940, 2022. Doi: 10.1007/s10100-020-00707-4
- CO₂^{Everything}. (2025). **Cars**. Disponível em: <https://www.co2everything.com/categories> Acesso em Jan 2025
- FEIRAS ORGÂNICAS. **Mapa**. (2025). Disponível em: <https://feirasorganicas.org.br/> Acesso em Jan 2025

FRANCA, A. C. L.; ALVES, C. L. B.; WANTENBERG, F. D. Literature Analysis of Governance in Local Productive Arrangements: a Systematic Review. **Geografares**, v. 4, n. 39, jul. 2024. Doi: 10.47456/geo.v4i39.44312

IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements. **Why Organic?** Disponível em <https://www.ifoam.bio/> Acesso em Jan 2025

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Programa Brasileiro de Etiquetagem.** (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica> Acesso em Jan 2025

ISCC - Carbon Footprint Certification (Food and Agriculture). **The Four Principles.** Disponível em https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2024/07/DRAFT_ISCC_CFC_Food-and-Agriculture_V1.pdf Acesso em Jan 2025.

KORKMAZ, A. N.; OZYESIL, M. An Evaluation in the Context of Environmental Consumer Behavior in Selected OECD Countries: Eco-Labeled Products. **KSU Journal of Agriculture and Nature**, v. 28, n. 5, p. 1344–1353, 2025. Doi: 10.18016/ksutarimdoğa.vi.1572025

LIU, Z.; QIU, Z. A systematic review of transportation carbon emissions based on CiteSpace. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 30, n. 19, p. 54362-54384, 2023. doi: 10.1007/s11356-023-26533-0

LONG, J.; LIU, J. Hidden footprints in reverse logistics: The environmental impact of apparel returns and carbon emission assessment. **Sustainable Futures**, v. 10, dez. 2025. DOI10.1016/j.sfr.2025.101360

MIAO, Z. et al. Carbon footprint in agriculture sector: a literature review. **Carbon Footprints**, v. 2, n. 3, 2023. **Carbon Footprints**, v. 2, n. 13, 2023. Doi: 10.20517/cf.2023.29

MICROSOFT EXCEL 365. (2025). **Office.** Disponível em <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel> Acesso em Jan 2025.

MUZZIOLI, L. et al. Toward Multidimensional Front-of-Pack Labels: Integrating Nutritional, Environmental, and Processing Information. **Nutrients**, v. 17, n. 14, jul. 2025. Doi: 10.3390/nu17142258

O'CONNOR, J.; ELLENS, M. **Organic Production, Climate and the Environment.** Eaternity: Zürich, 2025. Disponível em https://eaternity.org/assets/smart-chefs/170927-Eaternity-fact_sheet_booklet.pdf Acesso em Mar 2025.

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Measuring Carbon Footprints of Agri-Food Products:** Eight Building Blocks, OECD Publishing: Paris, 2025. Doi: 10.1787/8eb75706-en

OLIVEIRA, F. R.; FRANCA, S. L. B.; RANGEL, L. A. D. Challenges, and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. **Resources Conservation and Recycling**, v. 135, p. 202–209, 2018. Doi: 10.1016/j.resconrec.2017.10.031

PANDEY, A. K.; PRATAP, S.; HABIBI, M. K. K. Embracing the new normal: leveraging industry 4.0 for supply chain optimisation and carbon footprint reduction. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH**, set. 2025. DOI10.1080/00207543.2025.2541864

PECidado. **Dados**. (2025). Disponível em <https://pecidado.pe.gov.br/busca-geral/dados> Acesso em Mar 2025

RECIFE. Proíbe a Circulação de Veículos de Tração Animal, a Condução de Animais com Cargas e o Trânsito Montado no Município do Recife e dá outras providências. **Lei N° 17.918/2013** (2013). Disponível em https://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/lei_no_17_918-13.pdf Acesso em Jan 2025

RECIFE. **Feiras e Pontos Agroecológicos**. (2025). Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/feiras-e-pontos-agroecologicos> Acesso em Jan 2025

SERGIPEGAS S/A. **Simulador**. (2025). Disponível: <https://www.sergipegas.com.br/simulador/> Acesso em Jan 2025

VAN PASSEL, S. Food miles to assess sustainability: A revision. **Sustainable Development**, v. 21, n. 1, p. 1–17, 2013. Doi: 10.1002/sd.485

WANG, X. et al. Transportation carbon reduction technologies: A review of fundamentals, application, and performance. **Journal of Traffic and Transportation Engineering**, v. 11, n. 6, p. 1340–1377, 2024. Doi: 10.1016/j.jtte.2024.11.001

ZHANG, J.; ASUTOSH, A. T.; ZHANG, Y. Sustainability Research of Building Systems Based on Neural Network Predictive Models and Life Cycle Assessment (LCA)-Energy-Carbon Footprint Method. **Sustainability**, v. 16, n. 1, jan. 2024. Doi: 10.3390/su16010329