



KARINY CARVALHO VIEIRA NOLASCO

**ANÁLISE EMERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
AVIÁRIO *DARK HOUSE***

LAVRAS – MG

2022

KARINY CARVALHO VIEIRA NOLASCO

**ANÁLISE EMERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
AVIÁRIO *DARK HOUSE***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Strictu-Sensu* em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior
Coorientador

LAVRAS – MG

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Nolasco, Kariny Carvalho Vieira.

Análise Emergética da Produção de Frangos de Corte em
Aviário Dark House / Kariny Carvalho Vieira Nolasco. - 2022.
46 p. : il.

Orientador(a): Alessandro Torres Campos.

Coorientador(a): Tadayuki Yanagi Junior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Análise Emergética. 2. Instalações Avícolas. 3.
Sustentabilidade. I. Campos, Alessandro Torres. II. Junior,
Tadayuki Yanagi. III. Título.

KARINY CARVALHO VIEIRA NOLASCO

**ANÁLISE EMERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
AVIÁRIO *DARK HOUSE***

**EMERGENTHIC ANALYSIS OF THE PRODUCTION OF BROILERS RAISED IN A
DARK HOUSE SYSTEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Strictu-Sensu em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23/02/2022.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos	UFLA
Prof. Dr. Leonardo Schiassi	UFLA
Dr. Cristiano Campos Mattioli	Embrapa

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

*Dedico a Deus e a Nossa Senhora pelo amparo e proteção
Meu esposo e filha, pelo suporte e companheirismo nessa jornada,
Aos meus pais, irmã e sobrinhos pelo amor incondicional*

AGRADECIMENTOS

À Deus por todo cuidado, preparo e amparo nos momentos que mais precisei.

Ao meu esposo Rômulo por sempre me apoiar e cuidar da nossa filha nos momentos em que precisei me ausentar.

A minha filha, Isabela por ser a alegria da minha vida, meu maior amor do mundo e realização.

Aos meus pais Carlos e Elenir, por me incentivar e apoiar na vida e nos estudos.

A minha irmã Kelly por não medir esforços para me incentivar e ajudar sempre e em qualquer situação.

Aos meus sobrinhos Alice e Pedro que alegam meus dias e trazem muito mais amor para minha vida.

Aos meus amigos e amigas, de forma especial a Bárbara, por ter o prazer de contar e refugiar.

Ao Professor Alessandro pela orientação e acolhimento.

Aos colegas de pós-graduação do grupo COAMBI.

Ao CNPQ pelo incentivo à pesquisa.

A todos que convivi e passaram por mim nessa jornada meu muito obrigada.

RESUMO

A análise energética, a partir de seus indicadores, se mostra um método interessante para a contribuição na avaliação da sustentabilidade de um biosistema agropecuária, por determinar a energia contida em diferentes fontes de biomassa, seus produtos e subprodutos derivados. Entretanto, a síntese emergética tem sido considerada como uma forma mais acurada de análise, por proporcionar uma avaliação integral e sistêmica da sustentabilidade, visto que permite a verificação de forma estratégica, dos aspectos positivos e negativos envolvidos no processo de produção de um determinado produto ou serviço, por se constituir da soma da energia total. Neste contexto, diante da importância de identificar as limitações de um sistema de instalação para aves e contribuir para a identificação de métodos e materiais mais sustentáveis, este estudo teve como objetivo realizar uma análise emergética da produção de frangos de corte, criados em sistema de tipologia *Dark House*. A análise emergética realizada neste estudo seguiu três etapas metodológicas: 1) elaboração do diagrama sistêmico a partir da observação e compreensão dos fluxos de energia e matéria atuantes em cada sistema de produção, com base na linguagem simbólica; 2) montagem das tabelas para o cálculo da energia total dos sistemas e obtenção dos indicadores emergéticos dos sistemas em estudo; 3) interpretação e discussão dos valores obtidos nos indicadores emergéticos. Os indicadores emergéticos apresentados quanto à taxa de rendimento (EYR), taxa de investimento (EIR), carga ambiental (ERL) e o índice de sustentabilidade (ESI), possibilitaram uma visão mais ampla da eficiência do sistema, tendo sido constatada a necessidade de realização de melhorias para seu melhor desempenho. De acordo com resultados obtidos, sem adequações no sistema estudado, há uma indicação que o mesmo pode não contribuir para o crescimento econômico e também não ser sustentável.

Palavras-Chave: Instalações avícolas, aviário climatizado, sustentabilidade, indicadores emergéticos.

ABSTRACT

The energy analysis, from its indicators, has shown to be an interesting method to contribute to the evaluation of the sustainability of an agricultural biosystem, by determining the energy contained in different sources of biomass, its products and by-products. However, the emergent synthesis has been considered as a more accurate form of analysis, by providing an integral and systemic assessment of sustainability, since it allows the verification, in a strategic way, of the positive and negative aspects involved in the production process of a particular product or service, because it is the sum of the total energy. In this context, considering the importance of identifying the limitations of a poultry housing system and contributing to the identification of more sustainable methods and materials, this study aimed to perform an emergent analysis of the production of broilers, raised in a Dark House typology system. The emergent analysis performed in this study followed three methodological steps: 1) elaboration of the systemic diagram from the observation and understanding of energy and matter flows acting in each production system, based on symbolic language; 2) assembly of tables to calculate the total energy of the systems and obtaining the emergent indicators of the systems under study; 3) interpretation and discussion of the values obtained in the emergent indicators. The emergent indicators presented as the yield rate (EYR), investment rate (EIR), environmental load (ERL) and the sustainability index (ESI), allowed to have a broader view of the system efficiency, having been found the need for improvements for its better performance. According to the results obtained, without adjustments in the system studied, there is an indication that it may not contribute to economic growth and also may not be sustainable.

Keywords: Poultry facilities, climatized aviary, sustainability, emergent indicators.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

Figura 1- Diagrama sistêmico da produção de frangos de corte no estilo <i>Dark House</i>	28
Figura 2 – Fluxo de energia total do sistema em porcentagem.....	31

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Análise emergética da produção de frangos de corte no estilo *Dark House*.....30

Tabela 2 - Indicadores emergéticos da produção de frangos de corte no estilo *Dark House*.....32

SUMÁRIO

RESUMO	7
PRIMEIRA PARTE	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Avicultura	14
2.2 Sistema de instalação <i>Dark House</i> de produção de frangos de corte	15
2.3 Análise emergética.....	16
2.4 Perspectiva da sustentabilidade na produção de frangos de corte	17
REFERÊNCIAS	19
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	24
ARTIGO - ANÁLISE EMERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM AVIÁRIO <i>DARK HOUSE</i>	24
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE – Notas de cálculo da tabela de Avaliação Emergética.....	44

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

No agronegócio, assim como em todos os setores industriais, a avaliação e implantação de sistemas sustentáveis tem sido de extrema relevância. No Brasil, a avicultura tem se destacado no âmbito agroindustrial, sendo o segundo país que mais produz carne de frango e liderando como exportador mundial. Segundo o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2020 a produção foi de 13,8 milhões de toneladas de carne de frango, e em 2021, 14,18 milhões de toneladas (ABPA, 2021; TALAMINI & MARTINS, 2021).

Diante da crescente produtividade, tem-se aperfeiçoado cada vez mais os sistemas de instalações em aviários climatizados, inserindo novas tecnologias, a fim de se proporcionar condições ambientais mais favoráveis para o desenvolvimento dos animais, tornando a produção mais eficiente e rentável. Estes avanços acabam por incrementar no consumo de energia, como também a geração de resíduos, o que pode contribuir para o desequilíbrio sustentável.

A análise energética é um método que contribui na avaliação da sustentabilidade de um biosistema agropecuário, por determinar a energia contida em diferentes fontes de biomassa, seus produtos e subprodutos derivados. Entretanto, a síntese energética tem sido considerada como uma forma mais acurada de análise, por proporcionar uma avaliação integral e sistêmica da sustentabilidade, visto que permite a verificação, de forma estratégica, dos aspectos positivos e negativos envolvidos no processo de produção de um determinado produto ou serviço, por ser a soma da energia total.

Neste contexto, diante da importância de se identificar as limitações de um sistema de instalação para aves e contribuir para identificação de métodos e materiais mais sustentáveis, este estudo teve como objetivo realizar uma análise energética da produção de frangos de corte, criados em sistema com tipologia *Dark House*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avicultura

Um dos desafios mundiais é garantir o acesso igualitário à alimentação saudável, economicamente viável e de forma sustentável. Mesmo com incontáveis avanços tecnológicos e várias inovações na ciência e tecnologia, aproximadamente 800 milhões de pessoas no mundo ainda sofrem com a falta de alimentação (FAO-ONU, 2016). No Brasil, a avicultura tem se mostrado expressiva ao longo dos anos, levando-o a alcançar a posição de segundo maior produtor e primeiro exportador de carne de frango do mundo, e conseqüentemente, ser fundamental na erradicação da fome (ABPA, 2021).

De acordo com o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2020, a produção brasileira de carne de frango foi de aproximadamente 13,8 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que atingiu cerca de 20,2 milhões de toneladas, e liderou o *ranking* como exportador mundial, totalizando a venda de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas para o mercado externo, tendo como principais consumidores países da Ásia (36,6%), Oriente Médio (32,4%) e África (39,6%). O consumo per capita em 2020, foi de 45,27 kg hab⁻¹ no ano, sendo o maior nos últimos 10 anos (ABPA, 2021). De acordo com dados publicados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a produção de carne bovina no Brasil era maior do que a de aves até 2001, sendo ultrapassada no ano seguinte, apresentando a produtividade de 10,47 e 14,18 milhões de toneladas, respectivamente, de carne bovina e de frango no ano de 2021 (TALAMINI & MARTINS, 2021).

Neste contexto, os sistemas de produção de frangos de corte têm se tornado cada vez mais tecnológicos, importando tecnologias modernas e baseadas em automações no manejo e fundamentadas cientificamente, para se obter maior eficiência energética e benefício econômico (HEIDARI et al., 2011). ABREU & ABREU (2011) descrevem os principais tipos de sistemas de produção de frangos de corte existentes, sendo: convencional, semi-climatizado e de pressão negativa. O sistema convencional é caracterizado por não apresentar equipamentos para alimentação automáticos, na maioria das vezes contendo comedouros do tipo tubular e bebedouros pendulares, sem forro no teto e sem controle artificial de temperatura, sendo diferente do semi-climatizado, onde, muitas vezes se observa a presença de comedouros do tipo tubular ou automático e bebedouros pendulares ou *nipple*, com ou sem forro, tendo ventiladores em pressão positiva para renovação do ar dentro do galpão, oferecendo conforto

térmico aos animais (ABREU, 2011; PAULINO et al., 2019). Os aviários com sistema de pressão negativa oferecem maior controle dos fatores internos de ambiência, isolando os externos, sendo galpões fechados, climatizados e com tecnologia superior aos demais, apresentando densidade de alojamento de 14 a 18 aves m² e produção de até 42 kg m², dependendo de energia elétrica para seu funcionamento (ABREU, 2011; CARVALHO, 2018). De acordo com Boveris et al. (2014), este sistema pode ser de dois tipos, *Blue House* ou *Dark House*, que se diferenciam pelo tipo de cortina, sendo o primeiro composto por cortinas azuis, a fim de promover um efeito acalmante para as aves, e assim contribuir na melhora do desempenho produtivo, e o segundo, por duas cortinas pretas, evitando a entrada de luminosidade, ou até paredes de alvenaria, proporcionando maior isolamento térmico, aumentando a vedação de luz e do ar.

2.2 Sistema de instalação *Dark House* de produção de frangos de corte

O sistema *Dark House* é de origem americana, começando a ser utilizado no ano de 2000 e considerado como um método inovador na criação de aves. No Brasil, seu uso cresceu especialmente nas regiões Sul e Sudeste, visando à melhoraria do desempenho, por ser altamente eficiente na conversão de alimentos, em comparação com os outros convencionais, obtendo valores significativos no âmbito da produção (ABREU, 2011). Este sistema proporciona alto nível de isolamento das condições ambientais externas, com controle de intensidade luminosa, temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários, que, combinados, manterão as aves tranquilas, resultando em menor gasto de energia para o seu desenvolvimento (CARVALHO et al., 2015).

As instalações *Dark House* também contam com resfriamento interno através de um painel evaporativo, instalado em uma das extremidades do aviário, e na direção oposta, um conjunto de exaustores, proporcionando a troca de ar que é um fator essencial na prevenção de sufocamento pela concentração da amônia, proveniente da excreção das aves (ABREU, 2011; FERREIRA, 2017). Em contrapartida, por serem sistemas automatizados, são extremamente dependentes de energia para o funcionamento e perfeito desempenho de suas atividades, exigindo um gerador para manutenção da energia, caso ocorra alguma falha no seu fornecimento, a fim de não comprometer a saúde dos animais e ocasionar grandes perdas (FUNCK & FONSECA, 2008; DAMASCENO et al., 2010).

2.3 Análise emergética

O princípio de energia foi proposto por um ecologista norte americano chamado Howard Thomas Odum, em 1996, como amplificação dos conceitos energéticos, considerando o trabalho da natureza e do homem na geração de produtos e serviços, estimando as transformidades dos fluxos de recursos e energia, acerca da produção (ODUM, 1996). A energia contempla princípios referentes à Segunda Lei da Termodinâmica, em que define que diferentes formas de energia podem ser qualitativamente distintas, no que se refere à fração de energia, podendo ser convertidas em energia mecânica. Assim, a energia é uma grandeza expressa em equivalentes de joules de energia solar (seJ), que quantifica o trabalho ambiental necessário na realização de funções ou produção de bens, contabilizando todas as fontes de energia e materiais disponibilizados pela biosfera (ODUM, 1996; MAIOLO et al., 2021).

A síntese ou análise de energia é um método de avaliação integral e sistêmica da sustentabilidade, sendo feita em três etapas, sendo, na primeira, desenvolvido o modelo conceitual do processo, identificando os limites do sistema e elaborando um diagrama de fluxo emergético; na segunda, o inventário dos fluxos de matéria e energia e sua conversão por meio de uma tabela de avaliação emergética; e na última, calculando e interpretando o conjunto de indicadores de sustentabilidade ambiental (ODUM, 1996; MAIOLO et al., 2021; SOUZA, 2021).

Os indicadores emergéticos consideram aspectos socioecológicos para gerar, concentrar e extrair determinado recurso, incluindo a mão-de-obra e outros serviços que são desconsiderados em outros métodos de avaliação, sendo os mais utilizados: *yield* (Y), energia total do sistema; *transformity* (TR), transformidade do sistema; *emergy yield ratio* (EYR), taxa de rendimento emergético; *renewability* (R%), renovabilidade; *emergy investment ratio* (EIR), taxa de investimento emergético; *environmental load ratio* (ELR), carga ambiental; *areal empower intensity* (AEI), intensidade de energia por área e *emergy sustainability index* (ESI), índice de sustentabilidade emergética (ODUM, 1996; ORTEGA, 2002; BROWN & ULGIATI, 2004; ORTEGA et al., 2010; PAULETTI, 2017; MAIOLO et al., 2021).

Os índices obtidos por meio da análise emergética, viabilizam que sistemas agropecuários com modelos de produção distintos sejam comparados, possibilitando a obtenção e identificação do que apresenta melhor desempenho ambiental, econômico e social, além de

servir como ferramenta na orientação de políticas públicas em prol da sustentabilidade (ORTEGA, 2002; KAMIYA, 2005).

A análise emergética é um método mais acurado que a análise energética, tendo em vista que a segunda determina apenas a energia contida em diferentes fontes de biomassa, seus produtos e subprodutos derivados, enquanto a primeira, permite verificar, de forma estratégica, os aspectos positivos e negativos envolvidos no processo de produção de um determinado produto ou serviço, por ser a soma da energia total, auxiliando na tomada de decisão na utilização de métodos ou materiais mais sustentáveis (CARVALHO, 2010, ZHANG, 2010; CARMO, 2013).

2.4 Perspectiva da sustentabilidade na produção de frangos de corte

A avicultura industrial é uma atividade de grande importância no agronegócio brasileiro e tem crescido ano após ano, exigindo sistemas de produção cada vez mais tecnológicos e sustentáveis, em busca do conforto animal para a melhoria do desenvolvimento, a fim de atingir valores significativos de produtividade (HEIDARI et al., 2011; ABPA, 2021).

A inserção de tecnologia nas instalações de frangos de corte e o aumento da produção, contribuem para o incremento de consumo de energia elétrica, além do volume de resíduos gerados provenientes da exploração avícola (GARCÊS et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018). Avaliar a sustentabilidade de um sistema tem se tornado essencial para identificação de limitações, possibilitar ajustes e otimizações, e torná-lo mais eficiente (CAMPOS & CAMPOS, 2004). Segundo Furlaneto et al. (2014) a sustentabilidade dos agroecossistemas pode ser representada pela soma de medidas que envolvem fatores ambientais, sociais e econômicos, pelos custos diretos e indiretos de energia no produto, a fim de avaliar a viabilidade ao longo do tempo, em que o principal motivo para que a atividade seja bem-sucedida é a otimização do manejo.

Um sistema produtivo para que seja sustentável, necessita atingir o equilíbrio entre a produção de alimentos e a preservação dos recursos naturais, a partir da conversão de energia consumida, como insumos e matéria-prima, em energia convertida, produtos e subprodutos (CAMPOS et al., 2005). A produção de aves é uma atividade com alto consumo energético e que produz resíduos como dejetos, vísceras, penas, sangue, ossos, cascas de ovos, entre outros que ao serem processados, podem contribuir para se alcançar o equilíbrio energético na produção, possibilitando o crescimento sustentável da cadeia (SANTOS et al., 2020).

Apesar de não se tratar de uma metodologia recente, não se observou trabalhos empregando a análise emergética na produção de frangos de corte no Brasil. Dessa forma, no presente trabalho, busca-se empregar essa metodologia como mais uma ferramenta para a avaliação da sustentabilidade na produção de aves.

REFERÊNCIAS

- ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2021. Relatório Anual 2021. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v.40, n. 256, p.1-14, 2011.
- ANGONESE, A. et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 745-750, jul./set. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual, 2018. Disponível em www.abpa-br.com.br. Acesso em 10 de set 2019.
- BROWN, M. T & ULGIATI. Energy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, Boston, v. 2, p.329-354. 2004.
- CAMPOS, A. T. et al. Análise energética na produção de feno de *Cynodon dactylon* (L.) pers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 349-358, maio/ago. 2005.
- CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, nov./dez. 2004.
- CARMO, V. B. **Avaliação da eficiência energética renovável de biomassas alternativas para geração de eletricidade**. 163f. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.
- CARVALHO, J. G. A. **Avaliação de uma construção utilizando a contabilidade ambiental em emergia**. 246f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista, São Paulo, SP, 2010.
- CARVALHO, M. D. **Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte**. p.111. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal DE Grande Dourados. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2018.

- CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; GRESPAN, M.; SPURIO, R. S.; CORÓ, F. A.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. The effects of the dark house system on growth, performance and meat quality of broiler chicken. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.86, p.189-193, 2015.
- DAMASCENO, F. D. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010.
- DOERING III, O. C.; CONSIDINE, T. J.; HARLING, C. E. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. Indiana: Purdue University, 1977. 4 p. (Agricultural Experiment Station NSF/RA, 770128).
- EBRAHIMI, S.; GUNDOSHMIAN, T. M.; ABDI, R.; JADIDI, M. R. Energy efficiency improvement for broiler production using nonparametric techniques. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Budapest, v.18, p.121-132, 2016.
- FAO-ONU. **FAO Statical Yearbook 2016**. World food and agriculture. Rome: FIAT PANIS, 2016.
- FERREIRA, J. C. **Ambiência e consumo de energia em galpões DARK HOUSE para criação de frangos de corte**: uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017.
- FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.
- FURLANETO, F. P. B. Análise energética do novo sistema de produção de maracujá amarelo na região de Marília-SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 235-240, fev. 2014.
- GARCÊS, A. P. J. T.; AFONSO, S.M.S.; CHILUNDO, A.; JAIROCE, C. T. S. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. **Tropical Animal Health and Production**, Lisboa, v. 49, p. 369–374, 2011.
- HEIDARI, M. D.; OMID, M.; AKRAM, A. Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. **Energy**, Boston, v. 36, n. 50, p. 6536-6541, 2011.

JASPER, S. P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

KAMIYA, D. S. Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas. p.164. Dissertação (Mestrado Em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas, 2005.

MAIOLO, S.; CRISTIANO, S.; GONELLA, F.; PASTRES, R. Ecological sustainability of aquafeed: An emergy assessment of novel or underexploited ingredients. **Journal of Cleaner Production**, Tennessee, v. 294, p. 126-266, 2021.

ODUM, H.T. Environmental Accounting: Emergy and Decision Making. Wiley, New York, p. 95-140, 1996.

ORTEGA, E et al. Análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Ponta Grossa, v.3, n.3, 2010.

ORTEGA, E. Tabela de Transformidades (LEIA). Campinas/SP: UNICAMP, 2002 b.

Disponível em:

<https://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm#:~:text=As%20tabelas%20de%20transformidade%20fornecem,seJ%20Fkg%20do%20elemento%20ativo.&text=As%20transformidades%20mais%20usadas%20s%C3%A3o,seJ%20Fkg%20de%20fertilizante>). Acesso em: 15 jun. 2020.

PAULETTI, E. S. S. **Uso da metodologia emergética para avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas de produção de grãos**. Dissertação em Ciência e Tecnologia Ambiental - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, p. 59, 2016.

PAULINO, M. T. F, Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão (2019).

Disponível em <https://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccedilatildees-revisatildeo#:~:text=Cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20frangos%20de%20corte%20e%20acondicionamento%20t%C3%A9rmico%20em%20suas%20instala%C3%A7%C3%B5es%3A%20Revis%C3%A3o,->

<https://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccedilatildees-revisatildeo#:~:text=Cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20frangos%20de%20corte%20e%20acondicionamento%20t%C3%A9rmico%20em%20suas%20instala%C3%A7%C3%B5es%3A%20Revis%C3%A3o,->

<https://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccedilatildees-revisatildeo#:~:text=Cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20frangos%20de%20corte%20e%20acondicionamento%20t%C3%A9rmico%20em%20suas%20instala%C3%A7%C3%B5es%3A%20Revis%C3%A3o,->

<https://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccedilatildees-revisatildeo#:~:text=Cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20frangos%20de%20corte%20e%20acondicionamento%20t%C3%A9rmico%20em%20suas%20instala%C3%A7%C3%B5es%3A%20Revis%C3%A3o,->

20avi%C3%A1rios,a%20campo%20com%20diferentes%20finalidades. Acesso em 28 de novembro de 2021.

QUESADA, G. M. et al. Energia, organização social e tecnologia. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 2, n. 2, p. 13-29, 1991.

RIBEIRO, E. M.; MAMBELI, B. R. TIAGO FILHO, G. L., dos SANTOS, I. F. S., SAMPAIO, L. C.; dos SANTOS, T. V.; da SILVA, F. G. B., SILVA, A. P. M.; de FREITAS, J. V. R. Feasibility of biogas and energy generation from poultry manure in Brazil. **Waste Management & Research**, Londres, v. 36, n.3, p.221–235, 2018.

ROVARIS, E., CORRÊA, G. d. S. S., CORRÊA, A. B., JUNIOR, J. G. C., LUNA, U. V. & ASSIS, S. D. Avaliação da incubação artificial de ovos deformados em matrizes pesadas. **PUBVET**, Maringá, v. 8, n. 18, p. 2173- 2291, 2014.

SANTOS, B. S., SOUZA, M. M. F., CASTRO, M. P., FIGUEIREDO, R. M., & CRUZ, W. S. Análise emergética da produção de frango no município de Itapetinga-BA. **Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)**, Bahia, v. 2, n. 1, 2020.

SOUZA JUNIOR, H. R. A. **Desenvolvimento de um indicador único para a avaliação do ciclo de vida por meio da análise emergética**. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2021.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. Panorama da avicultura e do mercado de carnes. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Anuário 2022 da Avicultura Industrial; ed 113, n 10, 18-20.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128182/1/final9615.pdf>

VELOSO, A. V. **Análise ambiental e energética de sistema de produção de suínos com tratamento de dejetos em biodigestor**. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

VELOSO, A. V.; CAMPOS, A. T.; PAULA, V. R. de; DOURADO, D. C.; YANAGI JÚNIOR, T.; SILVA, E. B. Energetic efficiency of a deep bed swine production system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, p.1068-1079, 2012.

VIGNE, M.; MARTIN, O.; FAVERDIN, A. P.; PEYRAUD, J. L. Comparative uncertainty analysis of energy coefficients in energy analysis of dairy farms from two French territories. **Journal of Cleaner Production**, Londres, v.37, p.185-191, 2012.

ZHANG, G.; LONG, W. A key review on energy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. **Energy Policy**, Manchester, v.38, n.6, p.2948-2955, 2010.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO - ANÁLISE EMERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM AVIÁRIO *DARK HOUSE*

RESUMO

Os sistemas de produção de frangos de corte têm se tornado cada vez mais tecnológicos, empregando tecnologias modernas e baseadas em automações no manejo e fundamentadas cientificamente, para se obter maior eficiência energética e benefício econômico. O estudo foi realizado em uma granja de produção de frangos, numa instalação modelo *Dark House*. O aviário possui orientação cartográfica Leste-Oeste, dimensões de 145 x 18,3 x 2,8 m (comprimento x largura x pé-direito) e manejo dos equipamentos climatizadores totalmente automatizado, com a presença de comedouros automáticos e bebedouros tipo Nipple. O galpão aloja 40.000 animais, possui área interna de 2.700 m², perfazendo lotação média 18 animais por metro quadrado. A instalação tem fechamentos em blocos de concreto e cobertura em telhas de fibrocimento. De acordo com os recursos analisados, a mão de obra ($5,60 \times 10^4$ sej u⁻¹) é a de maior eficiência ambiental, seguindo da ração ($3,0 \times 10^5$ sej u⁻¹), eletricidade ($3,36 \times 10^5$ sej u⁻¹) e água ($6,66 \times 10^5$ sej u⁻¹). Os recursos que mostraram menor eficiência ambiental são os pertencentes aos materiais de economia, sendo os insumos veterinários ($3,12 \times 10^{12}$ sej u⁻¹) e maquinário ($2,08 \times 10^{12}$ sej u⁻¹), com os maiores valores de transformidades, o que resulta em grande quantidade de energia incorporada por recurso produzido, proporcionando, por conseguinte, falta de sustentabilidade no sistema.

Palavras-chave: Instalações para aves, *Dark House*, avanço sustentável, balanço emergético.

ABSTRACT

Broiler production systems have become more and more technological, employing modern technologies based on automation in management and scientifically based, in order to obtain greater energy efficiency and economic benefit. The study was carried out in a broiler production facility in a Dark House model. The house has East-West cartographic orientation, dimensions of 145 x 18.3 x 2.8 m (length x width x ceiling height) and totally automated management of the acclimatizing equipment, with the presence of automatic feeders and Nipple type drinkers. The barn houses 40,000 animals, has an internal area of 2,700 m², with an average capacity of 18 animals per square meter. The facility is closed with concrete blocks and roofed with fiber cement tiles. According to the resources analyzed, labor (5.60×10^4 sej u⁻¹) is the most environmentally efficient, followed by feed (3.0×10^5 sej u⁻¹), electricity (3.36×10^5 sej u⁻¹) and water (6.66×10^5 sej u⁻¹). The resources that showed lower environmental efficiency are those belonging to the economy materials, being the veterinary inputs (3.12×10^{12} sej u⁻¹) and machinery (2.08×10^{12} sej u⁻¹), with the highest values of transformities, which results in a large amount of energy incorporated per resource produced, thus providing lack of sustainability in the system.

Keywords: Poultry facilities, climatized aviary, sustainability, emergy analysis.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas, se destacando no setor do agronegócio, alcançando a posição de segundo maior produtor e primeiro exportador de carne de frango no mundo (ABPA, 2021). De acordo com os dados publicados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) a produção de carne bovina no Brasil era maior do que a de aves até 2001, sendo ultrapassada no ano seguinte, apresentando a produtividade de 10,47 e 14,18 milhões de toneladas, respectivamente, de carne bovina e de frango no ano de 2021 (TALAMINI & MARTINS, 2021).

Em 2020, a produção brasileira de carne de frango foi de aproximadamente 13,8 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que atingiu cerca de 20,2 milhões de toneladas, e liderou o ranking como exportador mundial, totalizando a venda de aproximadamente 4,2 milhões de toneladas para o mercado externo (ABPA, 2021). Assim, os sistemas de produção de frangos de corte têm se tornado cada vez mais tecnológicos, importando tecnologias modernas e baseadas em automações práticas e científicas para obter maior eficiência energética e benefício econômico (HEIDARI et al., 2011).

O sistema de instalação *Dark House* tem sido muito utilizado como um método inovador na melhoria do desempenho na criação de frangos de corte, por ser altamente eficiente na conversão de alimentos, quando comparado com os outros convencionais, obtendo valores significativos no âmbito da produção ABREU & ABREU (2011). Este sistema proporciona alto nível de isolamento das condições ambientais externas, com controle de intensidade luminosa, temperatura e umidade relativa que, combinados, mantém as aves tranquilas, resultando em menor gasto de energia para o seu desenvolvimento (CARVALHO et al., 2015).

A inserção de tecnologia e o aumento da produtividade nos aviários, contribuem para o incremento de consumo de energia elétrica e volume de resíduos gerados provenientes da exploração, sendo essencial analisar a sustentabilidade do sistema, a fim de identificar a existência de limitações, propiciar ajustes e otimizações, e torná-lo mais eficiente (CAMPOS & CAMPOS, 2004; GARCÊS et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018).

A avaliação da sustentabilidade de um sistema pode ser feita por meio da análise emergética, que consiste em quantificar o trabalho ambiental necessário na realização de funções ou produção de bens, contabilizando todas as fontes de energia e materiais disponibilizados pela biosfera (ODUM, 1996; MAIOLO et al., 2021). Este método, consiste em

três etapas, sendo: o desenvolvimento do modelo conceitual do processo, o inventário dos fluxos de matéria e energia, como também a conversão por meio de uma tabela de avaliação emergética, e por fim, no cálculo e interpretação do conjunto de indicadores de sustentabilidade ambiental (ODUM, 1996; MAIOLO et al., 2021; SOUZA, 2021). Os indicadores mais utilizados são: a energia total do sistema ou *yield* (Y), a transformidade do sistema ou *transformity* (TR), a taxa de rendimento emergético ou *emergy yield ratio* (EYR), a renovabilidade ou *renewability* (R%), a taxa de investimento emergético ou *emergy investment ratio* (EIR), a carga ambiental ou *environmental load ratio* (ELR), a intensidade de energia por área ou *areal empower intensity* (AEI), e o índice de sustentabilidade emergética ou *emergy sustainability index* (ESI) (ODUM, 1996; ORTEGA, 2002; BROWN & ULGIATI, 2004; ORTEGA et al., 2010; PAULETTI, 2017; MAIOLO et al., 2021).

Pesquisadores têm empregado a análise energética como metodologia para a avaliação da sustentabilidade em instalações para aves de corte, apresentando resultados interessantes (Santos & Lucas Jr., 2004; Mattioli et al., 2018a, Mattioli et al., 2018b; Mattioli et al., 2018c). Neste sentido, Migliavacca (2017) sugere a avaliação exergética como a forma mais consistente para verificar os processos do meio rural do viés termodinâmico por fornecer as eficiências reais, os impactos ambientais e a sustentabilidade dos sistemas de energia por apresentar de forma quantitativa a degradação do uso de energia. Outros autores, como Ortega (2002); Kamiya (2005); Carvalho (2010), Zhang (2010); Carmo (2013), consideram a análise emergética mais aprimorada que a energética, por viabilizar que sistemas agropecuários com modelos de produção distinto sejam comparados, possibilitando a obtenção dos aspectos positivos e negativos envolvidos no processo, identificando o que apresenta melhor desempenho ambiental, econômico e social, auxiliando na tomada de decisão na utilização de métodos ou materiais mais sustentáveis.

Neste contexto, tendo em vista a utilização de tecnologias no funcionamento dos aviários, a crescente produtividade e conseqüente geração de resíduos, este estudo teve como objetivo realizar uma análise emergética da produção de frangos de corte, criados em sistema de instalação de tipologia *Dark House*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida a partir dos dados de uma granja comercial de frangos de corte, localizada no estado de Minas Gerais, Brasil.

O galpão possui área interna de 2.700 m², alojando, em média, 18 animais por metro quadrado. Dimensões de 150 m de comprimento por 18 m de largura com fechamentos em alvenaria de blocos de concreto, pé direito de 2,80 m e cobertura em telhas de fibrocimento.

A delimitação da fronteira do sistema se fez coincidente com a área total referente às atividades produtivas, com aproximadamente 40.000 m². O período de estudo foi calculado considerando um ciclo completo de produção de frangos, de 56 dias, sendo 11 dias de vazio sanitário, onde são realizadas as operações de retirada da cama-de-frango do ciclo anterior, higienização do galpão, descanso e distribuição de novo material de cama destinado ao novo lote, e 45 dias, aproximadamente, para entrada dos pintinhos de 1 dia, crescimento, engorda e saída dos animais para o abate.

De acordo com informações históricas da empresa, o consumo diário de ração é de 3.600 kg e a necessidade média de água é de 8.000 litros. Os insumos veterinários foram de 80 kg no total. O consumo de energia elétrica foi de 4.485,70 kWh, ou seja, 25344,20 J (MEUL et al., 2007). O sistema automatizado, considerado como maquinário, foi de 10 anos de vida útil, ou seja, 444,980 J (SANTOS & LUCAS JUNIOR, 2004). Quanto ao trabalho humano, o sistema contava com 4 funcionários trabalhando por 8h por dia cada.

Após o período de vazio sanitário, foram dispostas no galpão 30.000 kg de serragem para cama-de-frango, 40.000 aves com, aproximadamente 46,5 gramas cada, em média. Ao final do ciclo os animais apresentaram peso médio de 2.600 gramas, totalizando 101.600 kg de peso vivo e com uma deposição média de 110 toneladas de resíduos (dejetos, penas, ração etc.) sobre a cama totalizando ao final 170 toneladas (resíduo e cama de serragem).

2.2. Análise emergética

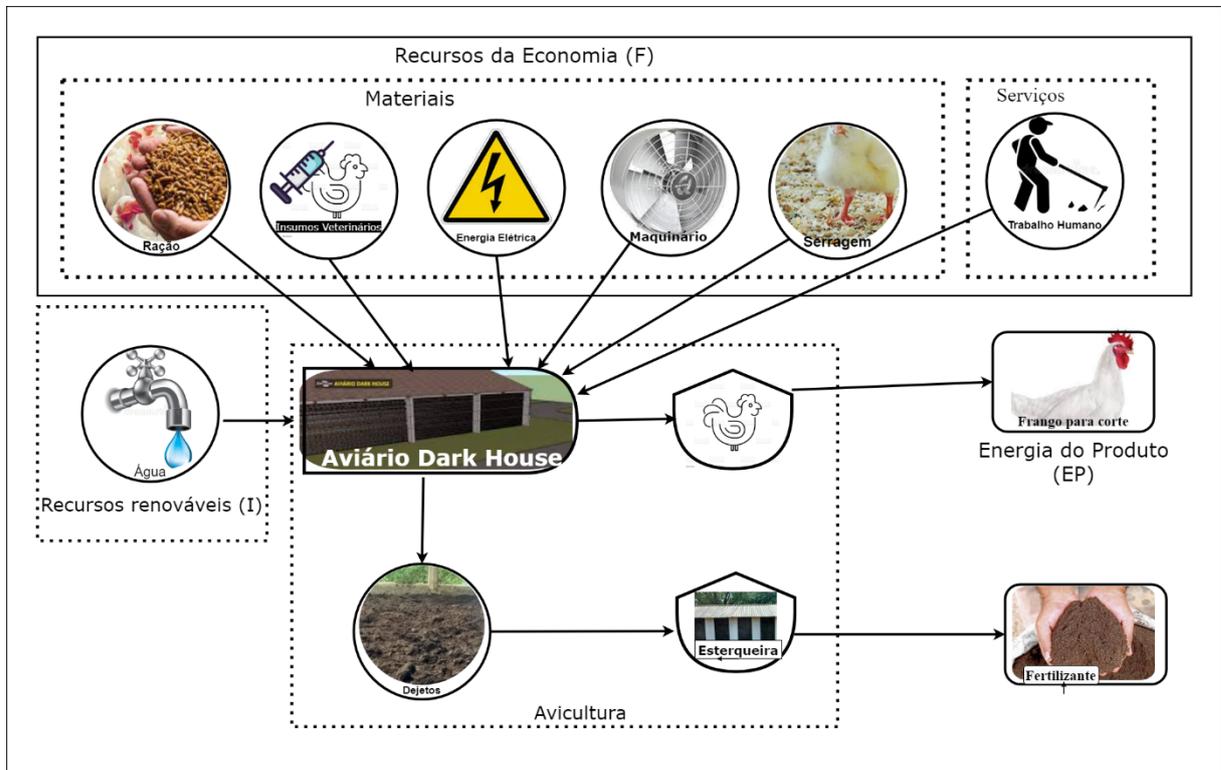
Como forma de contabilizar todas as contribuições necessárias à produção de frangos, fez-se necessário quantificar a energia como o trabalho ambiental necessário para produzir o produto ou serviço e, assim, incluir na contabilidade todas as fontes de energia e materiais disponibilizados pela biosfera. Como a energia solar é o principal insumo dos ecossistemas, as unidades físicas convencionais (energia, massa, etc.) são todas convertidas por meio de fatores

de conversão apropriados baseados em equivalente joule solar (seJ). Além disso, os insumos ambientais são, em determinadas ocasiões, medidos por insumos sociais (por exemplo, mão de obra) que exigem eles mesmos insumos ambientais: conseqüentemente, esses fluxos sociais também devem ser convertidos em equivalente joule solar. Assim, em resumo, a emergia de um produto representa a quantidade de energia solar equivalente necessária ao montante para sua fabricação, envolvendo processos naturais e artificiais (ODUM, 1996; HU et al., 2012; MAIOLO et al., 2021).

Seguindo a proposta de Odum (1996), a análise emergética realizada neste estudo seguiu as três etapas metodológicas a seguir:

1) elaboração do diagrama sistêmico (Figura 1), a partir da observação e compreensão dos fluxos de energia e matéria atuantes em cada sistema de produção, com base na linguagem simbólica. Este diagrama serve para indicar os fluxos de entrada que serão avaliados e somados para a obtenção da emergia resultante deste. Neste diagrama são definidas as fronteiras do sistema em estudo e todas as fontes de energia e materiais que alimentam o mesmo. A metodologia em emergia, utiliza uma simbologia própria (ODUM, 1996) para a representação dos diversos componentes do sistema em estudo.

Figura 1- Diagrama sistêmico da produção de frangos de corte no estilo *Dark House*.



Fonte: Da autora (2021).

2) com base no diagrama foram montadas tabelas para o cálculo da energia total do sistema e obtenção dos indicadores emergéticos dos sistemas em estudo.

As tabelas, possuem todas as entradas de energia e sua respectiva transformidade para o cálculo da energia.

3) após a conclusão do diagrama e dos cálculos da tabela, a terceira etapa consiste no cálculo, interpretação e discussão dos valores obtidos com base nos indicadores emergéticos (ODUM, 1996; ORTEGA, 2002; BROWN e ULGIATI, 2004). Para a elaboração das análises emergéticas, foram observados os fluxos de entrada e saída da área do experimento, dentro de cada sistema avaliado e no conjunto dos três sistemas. Os fluxos de entrada (aporte de energia) foram:

- 1) fluxo renovável da natureza como a água;
- 2) fluxos de materiais da economia (insumos e serviços): ração, insumos veterinários, energia elétrica, material de cama, maquinários (sistema automatizado e climatizadores) e trabalho humano.

A partir da observação dos fluxos de energia atuantes, descritos anteriormente, e com base na linguagem simbólica proposta por Odum (1996) foi construído o diagrama geral sistêmico do sistema produtivo estudado no experimento ao longo de um ciclo de produção. Os fluxos de matéria e energia, de entrada e saída dos sistemas de produção, foram quantificados com base nos insumos e operações utilizados no experimento (contribuições da economia = F) e contribuições da natureza (I).

a) Transformidade do sistema ($seJ J^{-1}$): é a energia total ($Y = I + F$) em seJ , dividida pela energia convertida no sistema (E) em J (ODUM, 1996). Indica a eficiência do sistema ($Tr = Y / E$). Corresponde à medida da quantidade de energia incorporada por unidade de recurso produzido: quanto menor for o valor, maior é a eficiência da transformação da energia (ODUM, 1996). A transformidade do sistema mostra o valor real do produto, pois possibilita contabilizar, de fato, todo o investimento energético demandado para sua produção (ORTEGA et al., 2010).

b) Taxa de rendimento (EYR): indica a habilidade do sistema em aproveitar os recursos locais e transformá-los em produtos ($EYR = Y/F$). Representa o rendimento energético do sistema ou ganho em energia primária disponibilizada para a economia que consumirá o produto (ODUM, 1996).

c) Taxa de investimento de energia (EIR): avalia o uso eficiente da energia dos investimentos em recursos da economia. Esta equação indica quão econômica é o processo ao usar os investimentos da economia em comparação com alternativas, obtida por meio da equação: $EIR = F / I$ (ODUM, 1996).

d) Carga ambiental (ELR): indica a pressão do sistema sobre o meio ambiente, por meio da equação: $ELR = (N+F)/R$ (ODUM, 1996).

e) Renovabilidade (R%): é a porcentagem de energia renovável. Sistemas com alta renovabilidade se sustentam em longo prazo. Equação: $R = (R / Y) \times 100$ (ODUM, 1996).

f) Índice de sustentabilidade (ESI): avalia a contribuição do sistema para a economia por unidade de carga ambiental (ORTEGA et al., 2010). O $ESI < 1$ indica sistema insustentável e $ESI > 1$ indica sistemas que contribuem para a economia sem grave perturbação ambiental. Valores intermediários: $1 < ESI < 5$ caracterizam sustentabilidade em médio prazo e $ESI > 5$ indica sustentabilidade em longo prazo. Equação: $ESI = EYR / ELR$ (BROWN e ULGIATI, 2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagrama sistêmico (Figura 1) foi elaborado a partir da análise do sistema de um ciclo de produção de frangos para corte no modelo *Dark House* e todas suas contribuições quanto os fluxos de energia, mostrando as estradas e saídas, que identificam o sistema de produção, além do fluxo de descarte dos dejetos para a esterqueira e posteriormente para a produção de fertilizante.

A elaboração do diagrama foi realizada considerando a hierarquia universal da energia proposta por Odum (1996), e aplicado em diversas pesquisas (CASTELLINI et al., 2006; HU et al., 2012; ZHANG et al., 2013; SANTOS et al., 2020; MAIOLO et al., 2021) em que a contribuição da natureza (recurso renovável) foi especificada à esquerda (água) e as da economia (aporte de energia externa) à direita e acima, abrangendo materiais (ração, insumos veterinários, dejetos, serragem de madeira, energia elétrica, maquinário) e serviços (trabalho humano).

O balanço de energia da produção de frangos está apresentado na Tabela 1, com as transformidades e fluxos de energia de cada item, demonstrando a quantidade de energia adicionada por unidade de recurso produzido, expressando, assim, todo investimento energético do sistema. Essa análise permite visualizar as contribuições, de forma isolada, bem como a energia total para cada etapa do sistema, para que seja avaliado as que contribuem de forma positiva ou negativa para sustentabilidade deste como um todo.

Tabela 1 - Análise emergética da produção de frangos de corte no estilo *Dark House*.

Item	Fluxo de energia u/ha.a	Transformidades sej/(u)	Referências das transformidades	Unidades (u)	Fluxo de energia Sej/ha.a
Recursos da Natureza					
Água (ETA)	3,4E+02	6,66E+05	Odum, 1996	J	2,26E+08
Materiais da economia					
Ração	2,4E+05	3,00E+05	Teixeira, 2012	kg	7,20E+10
Insumos Veterinários	1,2E+02	3,12E+12	Coelho et al., 2003	kg	3,74E+14
Serragem (madeira)	1,5E04	1,64E11	Odum, 1996	kg	2,46E15
Eletricidade	3,802E+04	3,36E+05	Brow e Ulgiati, 2004	J	1,28E+10
Maquinário	6,65E+02	2,08E+12	Odum, 1996	J	1,38E+15
Dejetos	8,5E+04	4,78E+12	Teixeira, 2012	kg	4,06E+13

Serviços da Economia					
Mão de Obra	1,1E+10	5,60E+04	Teixeira, 2012	J	6,16E+14
Total de Emergia					4,87E+15

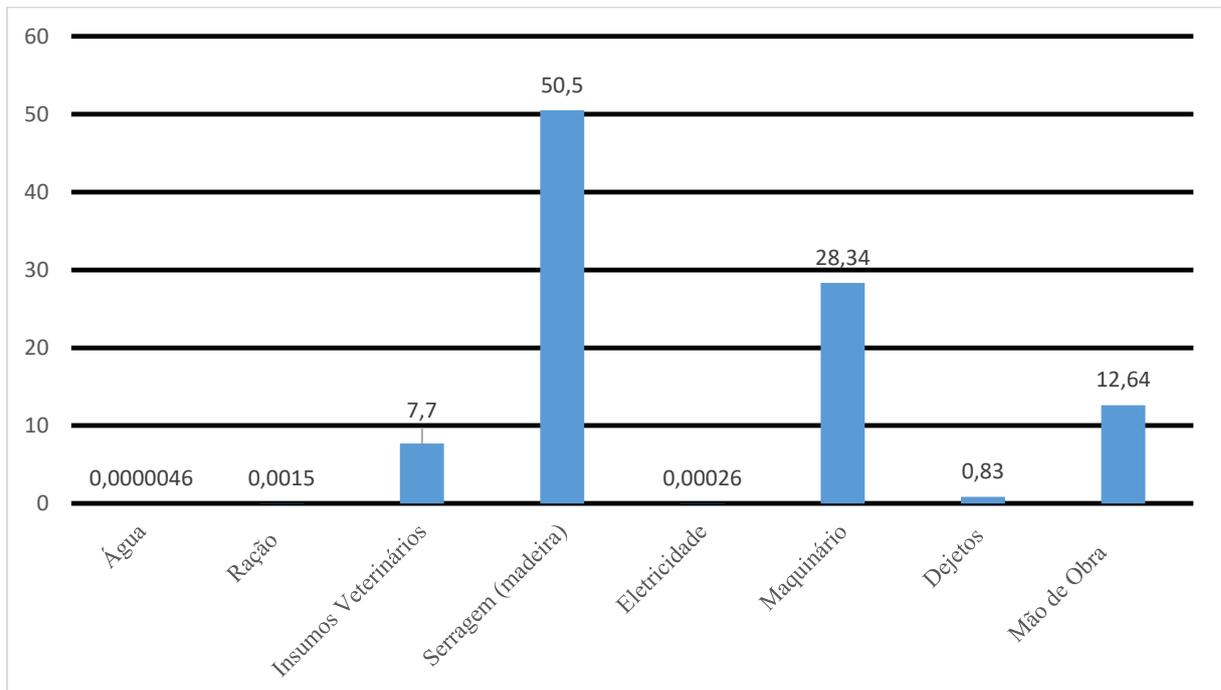
Fonte: Da autora (2021).

De acordo com os recursos analisados, a mão de obra ($5,60E+04 \text{ sej.u}^{-1}$) é a de maior eficiência ambiental, seguindo da ração ($3,0E+05 \text{ sej.u}^{-1}$), eletricidade ($3,36E+05 \text{ sej.u}^{-1}$) e água ($6,66E+05 \text{ sej.u}^{-1}$). Os recursos que possuem menor eficiência ambiental são os pertencentes aos materiais de economia, sendo a serragem da cama ($1,64E+11 \text{ sej.u}^{-1}$), os dejetos ($4,78E+12 \text{ sej.u}^{-1}$), os insumos veterinários ($3,12E+12 \text{ sej.u}^{-1}$) e maquinário ($2,08E+12 \text{ sej.u}^{-1}$), com os maiores valores de transformidades, o que resulta em grande quantidade de energia incorporada por recurso produzido (ODUM, 1996; COELHO et al., 2003).

A partir dos resultados obtidos na Tabela 1, verificou-se que a emergia total do sistema de produção de frangos de corte no modelo *Dark House* analisado foi de $4,87E+15 \text{ sej/ha.a}$, sendo o valor total de recursos renováveis de $2,26E+8 \text{ sej/ha.a}$.

Na Figura 2 observa-se as porcentagens referentes aos recursos da natureza, materiais e serviços de economia.

Figura 2 – Fluxo de emergia total do sistema em porcentagem.



Fonte: Da autora (2021).

A serragem de madeira, classificada como material de economia, obteve fluxo emergético majoritário dentre os outros itens, de $2,46E+15$ sej/ha.a, correspondendo a 50,5% do total, seguida do maquinário, que foi de $1,38E+15$ sej/ha.a, o que corresponde a 28,34% da energia total do sistema. Isto se deve ao elevado nível de transformidade destes recursos, vinculado ao fluxo de energia. Santos et al. (2020), que avaliaram o processo emergético na produção de frangos de um aviário do município de Itapetinga-BA, com capacidade para 600 frangos e organizados em piquetes, depreenderam que a energia total do sistema foi de $2,56E+20$ sej/ha.a. Observaram, como principal recurso participativo, o maquinário, e depois a madeira, representando 60,84% e 33,64% da análise emergética total, respectivamente, demonstrando que o elevado valor de transformidade pode influenciar diretamente na energia final do sistema. No entanto, o trabalho de Santos et al. (2020), apesar de contar com mais recursos renováveis, como chuva, sol e vento, apresentou um maior valor de energia total. O fato de a pesquisa também possuir avaliações referentes à produção de ração para a produção de jacarés, a partir das vísceras do frango, acarretou mais fluxos de energia, o que justificaria seu maior valor de energia total em comparação aos resultados encontrados neste trabalho.

A mão de obra foi o terceiro recurso de maior fluxo de energia (12,64%) encontrado neste trabalho. Quando comparado com outros autores (HU et al., 2012; SANTOS, et al., 2020; MAIOLO et al., 2021) esse dado não se assemelha visto que no trabalho, a análise de energia foi realizada em sistema *Dark House* de produção de frangos, ou seja, o único com sistemas totalmente automatizados que dependem de atenção e/ou manutenção durante todo o tempo de crescimento dos frangos.

Como pode ser observado na Figura 2, os insumos veterinários apresentaram o quarto maior valor de fluxo de energia, representando 7,68% do total. Em seu trabalho, Hu et al. (2012) avaliaram dois sistemas de produção de frangos, com propostas diferentes de medicamentos. No primeiro trabalho foram utilizados medicamentos para os animais e o total de energia do fluxo foi de $2,70E+13$, e, no segundo, foram empregadas plantas fitoterápicas, onde o fluxo total de energia foi de $1,96E+14$. Porém os valores de transformidade se mantiveram iguais para os dois tipos de tratamento, o que indica que uma alternativa fitoterápica não diminuiria o valor final do fluxo de energia.

Com relação ao dejetos, apesar do elevado volume produzido, cerca de 170 toneladas, o mesmo contribuiu somente com 0,83% da energia total do sistema.

Os indicadores emergéticos listados na Tabela 2, foram calculados com a finalidade de avaliar o desempenho do sistema, possibilitando, assim, uma visão mais ampla da eficiência

deste e das possíveis melhorias, considerando a taxa de rendimento (EYR), taxa de investimento (EIR) carga ambiental (ERL) e o índice de sustentabilidade (ESI).

Tabela 2 - Indicadores emergéticos da produção de frangos de corte no estilo *Dark House*

Emergias	Sej/ha.a	
Emergia Total (Y)	4,87E+15	
Recursos na economia (F)	4,87E+15	
Recursos Renováveis da Natureza (R)	2,26E+08	
Recursos Não Renováveis da Natureza (N)	0	
	Equação	Valor (adimensional)
Taxa de Rendimento (EYR)	$EYR = Y/F$	1,0
Carga Ambiental (ERL)	$ERL = N+F/R$	2,2E+07
Taxa de investimento (EIR)	$EIR = F/I$	2,2E+07
Índice de Sustentabilidade (ESI)	$ESI = EYR/ELR$	4,6E-08

Fonte: Da autora (2021).

O índice de rendimento em emergia é um importante resultado, já que a partir deste pode-se identificar a habilidade do sistema no aproveitamento dos recursos locais e transformá-los em produtos, de acordo com os investimentos externos. A taxa de rendimento resultante foi igual a 1,0, indicando que a emergia dos recursos locais é igual aos externos, provenientes da economia, o que significa que o sistema não contribui para o crescimento econômico, sendo considerada significativa apenas para valores superiores a 5. Segundo Brown e Ulgiati (2004), quando a EYR é maior que 1 e menor que 2, a energia líquida de contribuição é classificada como pequena, e até 5, moderada.

Maiolo et al. (2021), que avaliaram um sistema avícola na Itália para produção de frangos de corte, além da produção de farinha e gordura a partir das vísceras, encontraram o $EYR = 1,00001$ e afirmaram que isso significa que são todos sistemas consumidores, quase totalmente dependentes de recursos das economias externas (insumos importados, F): os recursos retirados do ambiente natural ao redor da planta de produção (insumos disponíveis localmente, R e N) apresentam quantidades de energia, matéria e “memória” de informação e, como tal, são desprezíveis.

No trabalho desenvolvido por Hu et al. (2012), os valores de EYR calculados para o sistema de agricultura orgânica familiar e o sistema de criação em pomar, na China, foi de 1,10 e 1,11, respectivamente, o que significa que esses processos são aproximadamente iguais e muito próximos de 1. Os autores afirmam que isso indica que, cada processo dos dois sistemas converte, principalmente, recursos de fontes externas, em produto, sem ter uma contribuição de

recursos locais. Além disso, os EYR calculados para os dois sistemas na China são ambos superiores aos calculados neste trabalho, demonstrando que o sistema em questão neste estudo depende mais de recursos adquiridos e têm um custo econômico maior. Como tal, esse sistema é menos competitivo no mercado mundial.

O valor obtido da carga ambiental foi elevado, de $2,2E+07$, o que demonstra alto *stress* ambiental, por ser maior que 10 (BROWN e ULGIATI, 2004). A ERL está diretamente ligada ao uso de recursos renováveis e não renováveis no sistema, sendo maior quando estes últimos prevalecem, por se afastar dos sistemas de produção e dos ecossistemas locais, causando mais impacto no ambiente (ORTEGA et al., 2010).

Segundo Maiolo et al. (2021), um alto valor de ELR indica que o processo de transformação implica, ou numa fração baixa de recursos renováveis, ou em um alto consumo de insumos não renováveis e importados (que exercem alta pressão sobre o meio ambiente), ou ambos. O sistema de produção de frangos foi avaliado na Itália, obtendo o valor de $1,23E+05$ para o ELR, também considerado elevado e esses valores são típicos de sistemas com alto nível tecnológico e/ou de sistemas baseados em processos ineficientes, não sustentáveis no longo prazo.

Esses valores de ELR citados diferem dos encontrados por Hu et al. (2012), onde, em seu trabalho, o valor do ELR calculado para o sistema de criação orgânico operado pela família é 3,10, enquanto o ELR calculado para o sistema de criação com os animais soltos em pomar é 3,44. O ELR mais baixo do primeiro indica que o sistema de criação orgânico operado pela família é mais altamente dependente de recursos renováveis e exerce menos pressão sobre o meio ambiente do que o sistema de criação de campo baseado em pomar. Este menor impacto pode ser atribuído à relativamente menor entrada de recursos industriais no sistema de criação orgânica familiar, em termos do emprego de construções e alimentação dos animais. Em comparação com o sistema *Dark House*, pode se afirmar que os sistemas pesquisados na China causam menor *stress* ambiental.

A taxa de investimento, por consistir na avaliação do uso eficiente da energia dos investimentos da economia, representada pela razão das contribuições destes recursos (F) com os da natureza (I), e neste sistema não ter recursos não renováveis da natureza, faz com que a EIR se torne igual à ERL. Ortega et al. (2010) descrevem o EIR como um índice de competitividade, que, quanto maior, menor a competitividade no mercado, o que torna menores as chances de o sistema subsistir, corroborando com os resultados obtidos por Hu et al. (2012), Santos et al. (2020) e Maiolo et al. (2021).

Tendo em vista que o índice de sustentabilidade é definido a partir do aproveitamento dos recursos (EYR) e do impacto ambiental (ERL), e estes terem sido baixos, conseqüentemente o ESI apresentou valor inferior, sendo de $4,6E-8$. Para um sistema ser considerado sustentável, se faz necessário que os recursos sejam melhor aproveitados, acarretando menor impacto ambiental (Ortega et al., 2010). De acordo a classificação do nível de sustentabilidade de Brown e Ulgiati (2004), o valor calculado para o sistema de produção de frangos de corte no estilo *Dark House* pode ser considerado insustentável, do ponto de vista da análise emergética, podendo causar perturbação ambiental grave.

Na pesquisa realizada por Hu et al. (2012), pode se observar que o ESI calculado para o sistema de produção orgânico familiar foi de 0,36, indicando que esse contribui para a economia, ao mesmo tempo que tem uma carga ambiental relativamente baixa, quando comparado ao sistema de criação dos animais soltos em pomar, que tem um ESI de 0,32. Hu et al. (2012) afirmam que, apesar de ser comparável ao conceito de práticas de produção orgânica, ao considerar detalhes como espaço de criação para exercícios e padrões de alimentação, o sistema de criação de frangos em pomar tem um desempenho relativamente ruim no que diz respeito à sustentabilidade geral. Uma comparação com a pesquisa realizada neste trabalho mostra que o sistema examinado neste estudo indica que o ESI calculado foi expressivamente inferior ao encontrado na China. Os dois sistemas estudados na China fornecem um retorno muito maior por unidade de carga ambiental gerada, quando comparados ao sistema de criação em escala comercial. Por isso, melhorias adicionais são necessárias no futuro, para reduzir o impacto ambiental desses processos.

No trabalho onde se avaliou a avicultura chinesa, os sistemas analisados são muito menores do que o considerado neste artigo: apenas 200 e 4.000 aves criadas em um ano (dois ciclos de vida) no orgânico familiar e no pomar, respectivamente (Hu et al., 2012). Como consequência, os insumos veterinários, mão de obra e serviços necessários para o sistema *Dark House* (que produz mais de 40.000 aves por ciclo) são muito maiores e não contrabalançados por uma contribuição adequada dos recursos locais renováveis, que permanece baixo.

O índice de sustentabilidade é um dos mais relevantes indicadores na análise emergética, permitindo avaliar a fração renovável e não renovável do sistema. Os elevados valores de transformidade combinados com fluxos de energia dos recursos de economia, e a falta de contribuições dos recursos renováveis da natureza, acarretaram maior carga ambiental, inviabilizando a sustentabilidade do sistema (ODUM, 1996; ORTEGA et al., 2010; WANG et al., 2014).

4 CONCLUSÕES

A avaliação da emergência no sistema da produção de frangos de corte, criados em sistema de instalação de tipologia *Dark House*, apresentou fluxo de emergência total de $4,8E+15$ sej/ha.a, sendo $2,26E+08$ sej/ha.a. o valor total de recursos renováveis. A cama de serragem, classificada como materiais de economia, foi o item com maior valor emergético de $2,46E+15$ sej/ha.a, o que correspondeu à 50,5% da emergência total do sistema.

Sabendo dos altos valores referentes à cama de serragem empregada, evidenciou-se que, um sistema agrícola mais amplo, com reciclagem interna do biofertilizante produzido à partir desta cama, tornaria este sistema mais sustentável, sob a luz da análise emergética.

Os indicadores emergéticos apresentados quanto à taxa de rendimento (EYR), taxa de investimento (EIR) carga ambiental (ERL) e o índice de sustentabilidade (ESI), possibilitaram uma visão mais ampla da eficiência do sistema, demonstrando a necessidade da realização de melhorias para seu melhor desempenho, por ter sido identificado que este não contribui para o crescimento econômico e é insustentável, segundo esses indicadores, podendo causar perturbação ambiental grave, sob o ponto de vista da análise emergética.

REFERÊNCIAS

- ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2021. Relatório Anual 2021. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v.40, n. 256, p.1-14, 2011.
- ANGONESE, A. et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 745-750, jul./set. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual, 2018. Disponível em www.abpa-br.com.br. Acesso em 10 de set 2019.
- BROWN, M. T & ULGIATI. Energy analysis and environmental accounting, **Encyclopedia of Energy**, Boston, v. 2, p. 329-354. 2004.
- CAMPOS, A. T. Análise energética na produção de feno de *Cynodon dactylon* (L.) pers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 349-358, maio/ago. 2005.
- CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, nov./dez. 2004.
- CARMO, V. B. **Avaliação da eficiência energética renovável de biomassas alternativas para geração de eletricidade**. 163f. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.
- CARVALHO, J. G. A. **Avaliação de uma Construção Utilizando a Contabilidade Ambiental em Emergia**. p. 246. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista, São Paulo, SP, 2010.
- CARVALHO, M. D.; **Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte**. p.111. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal da Grande Doutores. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2018.

CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; GRESPAN, M.; SPURIO, R. S.; CORÓ, F. A.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. The effects of the dark house system on growth, performance and meat quality of broiler chicken. **Animal Science Journal**, Tokyo, v.86, p.189-193, 2015.

CASTELLINI, C.; BASTIANONI, S.; GRANAI, C.; BOSCO, A.D.; BRUNETTI, M., Sustainability of poultry production using the emergy approach: comparison of conventional and organic rearing systems. **Agriculture Ecosystems Environment**. Tigray, v. 114, n. 36, p.343-350, 2006.

COELHO, O.; ORTEGA, E.; COMAR, V. **Balço de Energia do Brasil** (Dados de 1996, 1989 e 1981). In: Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. 2003. Disponível em <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/index.htm>. Acesso em: 20 de novembro de 2020

COLUSSI, J. Sistema americano aumenta produção de aves, 2014. Disponível em: <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/campo-e-lavoura/noticia/2014/11/sistema-americano-aumenta-producao-eaves4644602.html>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

DAMASCENO, F. D. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

DOERING III, O. C.; CONSIDINE, T. J.; HARLING, C. E. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. Indiana: Purdue University, 1977. 4 p. (Agricultural Experiment Station NSF/RA, 770128).

EBRAHIMI, S.; GUNDOSHMIAN, T. M.; ABDI, R.; JADIDI, M. R. Energy efficiency improvement for broiler production using nonparametric techniques. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Budapest, v.18, p.121-132, 2016.

FAO-ONU. **FAO Statical Yearbook 2016**. World food and agriculture. Rome: FIAT PANIS, 2016.

FERREIRA, J. C. **Ambiência e consumo de energia em galpões DARK HOUSE para criação de frangos de corte: uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral**. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017.

FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.

FURLANETO, F. P. B. et al. Análise energética do novo sistema de produção de maracujá amarelo na região de Marília-SP. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 235-240, fev. 2014.

GARCÊS, A. P. J. T.; AFONSO, S.M.S.; CHILUNDO, A.; JAIROCE, C. T. S. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. **Tropical Animal Health and Production**, Lisboa, v. 49, p. 369–374, 2011.

HEIDARI, M. D.; OMID, M.; AKRAM, A. Energy efficiency and econometric analysis of broiler production farms. **Energy**, Boston, v. 36, p. 6536-6541, 2011.

HU, Q.H., ZHANG, L.X., WANG, C.B. Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perception of organic production model in China, **Procedia Environmental Sciences**, Londres, v. 13, p. 445-454, 2012.

JASPER, S. P. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010.

KAMIYA, D. S. **Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas**. p.164. Dissertação (Mestrado Em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

MAIOLO, S.; CRISTIANO, S.; GONELLA, F.; PASTRES, R. Ecological sustainability of aquafeed: An emergy assessment of novel or underexploited ingredients. **Journal of Cleaner Production**, Tennessee, v. 294, p. 126-266, 2021.

MAGLIAVACA, A. Balanço de massa, energia e exergia na produção intensiva de frangos de corte. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 185p. São Paulo, 2017.

MATTIOLI, M. C.; CAMPOS, A. T. ; YANAGI JUNIOR, T. ; MARIN, D. B. ; EUGÊNIO, T. M. C. ; COSTA JUNIOR, J. E. V. . Energy analysis of broiler chicken production system

with darkhouse installation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 648-652, 2018. A.

MATTIOLI, M. C.; CAMPOS, A. T.; FERREIRA, J. C.; VELOSO, A. V.; ABREU, L. H. P. Demanda energética na construção de galpão para frangos de corte modelo darkhouse. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 33, p. 216-223, 2018. b.

MATTIOLI, M. C.; CAMPOS, A. T.; FERREIRA, J. C.; VELOSO, A. V.; ABREU, L. H. P. Demanda energética na construção de galpão para frangos de corte modelo darkhouse. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 33, p. 216-223, 2018. c.

MEUL, M. Energy use efficiency of specialized dairy, arable and pigfarms in Flanders. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, v. 119, p. 135 – 144, 2007.

ODUM, H.T., 1996. Environmental Accounting: Energy and Decision Making. Wiley, New York.

ORTEGA, E. Análise emergética de sistemas de produção de olerícolas sob manejo orgânico. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Ponta Grossa, v.3, n.3, 2010.

ORTEGA, E. Tabela de Transformidades (LEIA). Campinas/SP: UNICAMP, 2002 b.
Disponível em:

<https://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm#:~:text=As%20tabelas%20de%20transformidade%20fornecem,seJ%2Fkg%20do%20elemento%20ativo.&text=As%20transformidades%20mais%20usadas%20s%C3%A3o,seJ%2Fkg%20de%20fertilizante>). Acesso em: 15 jun. 2020.

PAULETTI, E. S. S. **Uso da metodologia emergética para avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas de produção de grãos**. Dissertação em Ciência e Tecnologia Ambiental - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, p. 59, 2016.

PAULINO, M. T . F , Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão (2019).

Disponível em <https://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccediloltildees-revisatildeo#:~:text=Cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20frangos%20de%20corte%20e%20acondicionamento%20t%C3%A9rmico%20em%20suas%20instala%C3%A7%C3%B5es%3A%20Revis%C3%A3o,->

Maria%20Tereza%20Frageri&text=A%20automatiza%C3%A7%C3%A3o%20total%20dos%20avi%C3%A1rios,a%20campo%20com%20diferentes%20finalidades. Acesso em 28 de novembro de 2021.

QUESADA, G. M. Energia, organização social e tecnologia. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 2, n. 2, p. 13-29, 1991.

RIBEIRO, E. M.; MAMBELI, B. R. TIAGO FILHO, G. L., dos SANTOS, I. F. S., SAMPAIO, L. C.; dos SANTOS, T. V.; da SILVA, F. G. B., SILVA, A. P. M.; de FREITAS, J. V. R. Feasibility of biogas and energy generation from poultry manure in Brazil. **Waste Management & Research**, Londres, v. 36, n.3, p.221–235, 2018.

ROVARIS, E., CORRÊA, G. d. S. S., CORRÊA, A. B., JUNIOR, J. G. C., LUNA, U. V. & ASSIS, S. D. Avaliação da incubação artificial de ovos deformados em matrizes pesadas. **PUBVET**, Maringá, v. 8, n. 18, p. 2173- 2291, 2014.

SANTOS, B. S., SOUZA, M. M. F., CASTRO, M. P., FIGUEIREDO, R. M., & CRUZ, W. S. Análise emergética da produção de frango no município de Itapetinga-BA. **Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)-ISSN 2526-8406**, v. 2, n. 1, 2020.

SOUZA JUNIOR, H. R. A. **Desenvolvimento de um indicador único para a avaliação do ciclo de vida por meio da análise emergética**. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2021.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. Panorama da avicultura e do mercado de carnes. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Anuário 2022 da Avicultura Industrial; Brasília, v. 113, n. 10, p. 18-20.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128182/1/final9615.pdf>

TEIXEIRA, M. B. **Análise do impacto ambiental de unidades agropecuárias. Estudo de caso: microbacia do rio Pinhal**. 143p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade de Campinas. Campinas, São Paulo, 2012.

VELOSO, A. V. **Análise ambiental e energética de sistema de produção de suínos com tratamento de dejetos em biodigestor**. 2014. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

VELOSO, A. V.; CAMPOS, A. T.; PAULA, V. R. de; DOURADO, D. C.; YANAGI JÚNIOR, T.; SILVA, E. B. Energetic efficiency of a deep bed swine production system. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v.32, n.67, p.1068-1079, 2012.

VIGNE, M.; MARTIN, O.; FAVERDIN, A. P.; PEYRAUD, J. L. Comparative uncertainty analysis of energy coefficients in energy analysis of dairy farms from two French territories. **Journal of Cleaner Production**, Londres, v.37, p.185-191, 2012.

ZHANG, G.; LONG, W. A key review on energy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. **Energy Policy**, Manchester, v.38, n.6, p.2948-2955, 2010.

ZHANG, L. X.; HU, Q.H.; WANG, C.B. Emergy evaluation of environmental sustainability of poultry farming that produces products with organic claims on the outskirts of mega-cities in China. **Ecology Engineer**. Manchester, v. 54, p. 128-135, 2013.

APÊNDICE – Notas de cálculo da tabela de Avaliação Emergética

Tamanho da propriedade = 4 Ha

Água

Número de animais = 40000

Consumo por animal = 9 L=0,009m³

Quantidade total = 40000*0,009*6 (considerando 6 ciclos por ano) = 2160

Conversão em J = 0,63 Jm³

Energia (J) = (2160*0,63)/4

Energia (J) = 3,402E02 J/ha/ano

Ração

Número de animais = 40000

Consumo por animal = 4,05 kg

Quantidade total = 40000*4,05*6 (considerando 6 ciclos por ano)

Quantidade total = 2,4E05 kg/ha/ano

Insumos Veterinários

Número de animais = 40000

Consumo por animal = 2,0E-03 kg /ano/animal

Quantidade total = 40000*2,0E-03*6 (considerando 6 ciclos por ano)/4

Quantidade total = 1,2E02 kg/ha/ano

Serragem de cama-de-frango

Entrada de cama = 30000

Quantidade total = 30000*2 /4

Quantidade total = 1,5E04 kg/ha/ano

Energia Elétrica

Consumo = 4485,7, kWh

Conversão em J = 4485,7 kWh * 5,65 J.kWh⁻¹ = 25344,205 J

Quantidade total = $25344,205 \text{ J} * 6$ (considerando 6 ciclos por ano)/4

Quantidade total = **3,8016E4 J/ha/ano**

Dejetos

Consumo: 170000,00 kg

Quantidade Total: $170000,00 * 2/4$

Quantidade Total: 8,5E4 kg/ha/ano

Maquinário

Consumo = 442,98 J

Quantidade total = $442,98 \text{ J} * 6$ (considerando 6 ciclos por ano)/4

Quantidade total = **664,47 J/ha/ano**

Trabalho Humano

Número de pessoas = 4

Tempo = 8h/dia

Energia gasta = 225 kcal/ h

Conversão 1 = 365 dias/ano

Conversão 2 = 4186 J/kcal

Quantidade total = $4 * 8 * 225 * 365 * 4186$

Quantidade total = **11E09 J/ha/ano**