



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ
BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**

DANIEL LUCAS DE SOUSA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO EM EMERGIA COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA
SUSTENTABILIDADE EM UM SISTEMA PRODUTIVO**

ANGICAL DO PIAUÍ

2023

DANIEL LUCAS DE SOUSA MONTEIRO

AVALIAÇÃO EM ENERGIA COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA
SUSTENTABILIDADE EM UM SISTEMA PRODUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Administração do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Angical do
Piauí.

Orientador: Prof.º Me. Reginaldo Magalhães.

ANGICAL DO PIAUÍ

2023

AValiação em Emergia como Ferramenta para Análise da Sustentabilidade em um Sistema Produtivo

Daniel Lucas de Sousa Monteiro¹
Reginaldo Magalhães²

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar, do ponto de vista da metodologia emergética, o nível de sustentabilidade de um sistema produtivo formado por dois apiários no município de Regeneração, Piauí. O conceito e como aplicar a emergia foi desenvolvido com objetivo sintetizar uma metodologia consistente capaz de determinar o uso de recursos de um determinado sistema, denominada contabilidade ambiental. O processo da avaliação emergética segue algumas etapas lineares como: (i) identificação do local do estudo; (ii) elaboração do diagrama de energias, apresentado na Figura 1; (iii) montagem da tabela de avaliação emergética; (iv) cálculo dos índices emergéticos e (v) interpretação dos resultados. A partir dos cálculos essenciais feitos através Tabela 2, foi possível calcular os indicadores emergéticos. Esses valores foram: 4,05 para o indicador de rendimento emergético (EYR); 0,33 para o indicador de carga ambiental (ELR); 12,3 para o indicador de sustentabilidade ambiental; e, por fim, 75,2% de renovabilidade do sistema. Desse modo, o estudo conseguiu alcançar os objetivos uma vez que demonstrou todos os índices relacionados à sustentabilidade.

Palavras-chave: sustentabilidade; emergia; indicadores.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze, from the point of view of the emergy methodology, the level of sustainability of a productive system formed by two apiaries in the municipality of Regeneração, Piauí. The concept and how to apply emergy was developed with the aim of synthesizing a consistent methodology capable of determining the use of resources in a given system, called environmental accounting. The emergy evaluation process follows some linear steps, such as: (i) identification of the study site; (ii) elaboration of the energy diagram, shown in Figure 1; (iii) assembly of the emergy evaluation table; (iv) calculation of emergy indices and (v) interpretation of results. From the essential calculations made through Table 2, it was possible to calculate the emergy indicators. These values were: 4.05 for the emergy yield indicator (EYR); 0.33 for the environmental load indicator (ELR); 12.3 for the environmental sustainability indicator; and, finally, 75.2% system renewability. In this way, the study was able to achieve the objectives since it demonstrated all the indexes related to sustainability.

Keywords: sustainability; emergy; indicators.

Data de aprovação: 12/06/2023

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo surgiram várias formas de mensurar a sustentabilidade ambiental de um sistema, principalmente os sistemas que usam fontes renováveis no processo

¹ Discente do curso de Bacharelado em Administração. Instituto Federal do Piauí. caang.2017bba06@aluno.ifpi.edu.com

² Docente do curso de Bacharelado em Administração. Mestre em Ciência da Propriedade Intelectual - PPGPI – UFS. Instituto Federal do Piauí. reginaldo.magalhaes@ifpi.edu.br.

de produção. O desenvolvimento de formas para deixar harmônicas as relações entre o meio ambiente e a economia demandam um grande levantamento de informações nos diferentes tipos de processos produtivos, assim como um melhor entendimento dos sistemas ambientais. Assim, a questão fundamental que envolve a sustentabilidade está diretamente associada a sustentabilidade ambiental (DI AUGUSTINI; GIANNETTI, 2018).

No entendimento de Ortega (2002), na economia “convencional”, o preço econômico de um produto, mede o trabalho humano incorporado, porém não considera a contribuição da natureza. Nesse sentido, somente a avaliação econômica não consegue medir o preço e o impacto real do sistema, pois parte do preço é custeado pela natureza que não cobra nada pelos seus serviços.

Já que a economia tradicional não consegue mensurar o impacto real de um sistema produtivo para com a natureza, viu-se necessário ter uma ferramenta que preenchesse essa lacuna. O pesquisador Howard T. Odum (1996) propôs a metodologia emergética na qual abrange toda a quantidade de energia disponível usada em um processo produtivo contabilizando fluxos de recursos da natureza, assim como os materiais, serviços e inputs humanos numa mesma base de medida, que permite comparar a dinâmica destes fluxos dentro da unidade estudada transformando em uma única unidade na qual é expressada por *emJoule* de energia solar equivalente (sej) (AGOSTINHO, 2005).

Conforme explica Agostinho (2005), a análise emergética surgiu da análise energética de sistemas naturais, usando como base a termodinâmica. Essa metodologia mede a energia disponível dos fluxos provenientes da natureza, o que engloba toda energia que a biosfera usa para produzir esses recursos em termos de energia solar equivalente (sej).

Considerando que há energia disponível em tudo que é reconhecido como um ente do planeta, inclusive a informação, a energia poderia ser utilizada para avaliar a riqueza real em uma base comum, agregando diversos tipos de calorías de energias diferentes. Quando se converte todas as energias em uma mesma unidade, é possível somá-las e obter o gasto total de energia para a obtenção de um serviço ou produto (SPECHT et al, 2012).

Torna-se importante uma análise, pois, de acordo com Takahashi (2009), a metodologia a ser aplicada analisa os fluxos, a energia e os materiais, com a finalidade de quantificar a dependência dos sistemas de produção humanos em relação as fontes de energia naturais tornando acessível o nível de sustentabilidade do sistema.

A presente pesquisa tem como objetivo analisar, sob a ótica da metodologia emergética, o processo produtivo de mel em dois apiários na cidade de Regeneração, Piauí. Para auxiliar o objetivo principal, a pesquisa demonstrará os recursos renováveis e não renováveis da natureza, as contribuições dos recursos econômicos da organização e os indicadores de energia relacionados à sustentabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção serão apresentados conceitos de sustentabilidade ambiental, de indicadores ambientais e também da avaliação em energia.

2.1 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A sustentabilidade é um tema recorrente a algum tempo. Inúmeros autores demonstram, através de suas pesquisas, diversas formas de minimizar o esgotamento de recursos da natureza. Para que haja a sustentabilidade ambiental é preciso não pôr em risco os elementos naturais que sustentam a integridade global do ecossistema: a qualidade do ar, dos solos, das águas e dos seres vivos (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), 1988).

Para Brown (2009), uma análise situacional da Terra, diante da utilização intensa e ininterrupta dos recursos naturais em relação aos fluxos da economia que depende dos ecossistemas/meio ambiente, mostra que se não há meio ambiente, se tudo está destruído, não há economia.

De acordo com Benetti (2016), a sustentabilidade é algo que não pode ser obtido instantaneamente, ela é um processo de mudança, de aperfeiçoamento constante e de transformação estrutural que deve ter a participação da população como um todo, e a consideração de suas diferentes dimensões.

2.1.1 Indicadores de sustentabilidade ambiental

No entendimento de Malheiros, Philippi e Coutinho (2008), os indicadores de sustentabilidade ambiental têm papel importante no estabelecimento de uma visão holística do processo de avaliação sustentável com o objetivo de dar condições para as partes interessadas acompanharem e darem suporte do processo decisório.

Conforme Santos (2004), um indicador é um parâmetro, ou uma função derivada dele, do qual tem a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio. Em outras palavras, um indicador caracteriza uma forma de percepção da realidade que se dá através de um conjunto de dados que representam parâmetros capazes de traduzir o estado de um ambiente.

A busca por indicadores de sustentabilidade ambiental cresceu bastante durante a década de 1990, particularmente em sua segunda metade, principalmente por parte de organismos governamentais, não-governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo. Muitas conferências já foram organizadas por entidades internacionais, assim como outras iniciativas de pesquisadores ligados a instituições governamentais e/ou universitárias (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

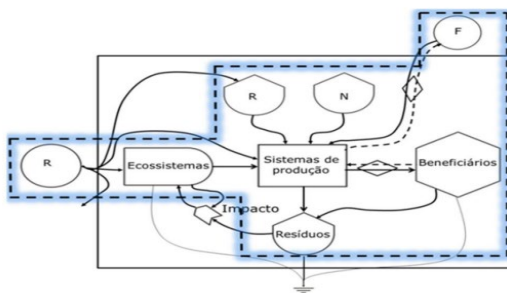
2.2 AVALIAÇÃO EM EMERGIA

O conceito e como aplicar a emergia foi desenvolvido por Odum (1996), tendo como objetivo sintetizar uma metodologia consistente capaz de determinar o uso de recursos de um determinado sistema, denominada contabilidade ambiental. Esta contabilidade é baseada na utilização da unidade comum de emergia solar, que é a quantidade de energia necessária, de forma direta e/ou indireta, para obtenção de um determinado bem, produto ou serviço, num processo (DI AUGUSTINI; GIANNETTI, 2018).

A metodologia emergética pode ser um bom parâmetro para análise do valor dos bens, serviços e recursos provenientes tanto da natureza quanto da economia, pois é capaz de medir, entre outros parâmetros, o impacto ambiental, a sustentabilidade e a capacidade de carga dos ecossistemas (ODUM, 1996).

A análise emergética unifica os recursos da natureza e da economia em uma mesma medida, revelando a enorme e ramificada cadeia energética que une as partes do sistema (ODUM, 1996). Por exemplo, o sol, o combustível, a eletricidade e os serviços humanos podem ser colocados em uma base comum, expressando-os todos em *emJoules* de energia solar que são necessários para cada um (ODUM; ODUM, 2000). A Figura 1 representa, graficamente, como funciona as entradas e saídas, baseadas na metodologia emergética, de um sistema de produção

Figura 1 – Diagrama de fluxos emergéticos



Fonte: Augustini e Giannetti (2018).

A construção do diagrama de fluxos melhora a visualização dos recursos provenientes da economia (F) e dos ecossistemas naturais (recursos R e N), utilizando uma simbologia, que representa o fluxo de energia nos processos. Todos os recursos utilizados nos processos, naturais R e N e os provenientes do ambiente econômico F, são contabilizados por Joule de energia solar (seJ) – métrica padrão e comum na metodologia (ODUM, 1996).

A metodologia emergética permite a quantificação e a valoração de suas contribuições, em fontes de energia renováveis e não-renováveis, o que outras técnicas geralmente não contabilizam ou contabilizam apenas de maneira parcial. Os recursos renováveis (R) são extraídos do ambiente e têm a capacidade de renovação temporal e espacial. Os recursos provenientes da economia (F) são referentes a materiais e serviços provenientes de outras regiões que estão fora das fronteiras do sistema estudado (ODUM, 1996; ULGIATI; BROWN, 2002).

2.3 TRANSFORMIDADE

Os índices emergéticos são calculados com os resultados da tabela de avaliação de fluxos de energia e são utilizados para fazer as inferências da análise emergética. O primeiro índice é chamado de transformidade. Este valor avalia a qualidade do fluxo de energia presente do sistema estudado. A transformidade solar do recurso gerado por um sistema é obtida dividindo a energia requerida entre a energia do produto ou serviço.

Odum (1996) idealizou o conceito de transformidade solar - quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente - na obtenção de um joule de determinado produto/processo (seJ/J) (ORTEGA, 2002).

A transformidade é definida como a quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente, na obtenção de 1 joule de um determinado produto ou serviço, e é expressa em sej/J (joule de energia solar por joule) (PIEROBOM, 2009). Ao se determinar a transformidade do sistema em estudo, é possível calcular de forma cumulativa, a partir da utilização dos primeiros recursos no sistema, a energia solar indireta necessária para obter outro produto/processo (ODUM, 1996).

A equação que representa a transformidade é expressa na seguinte maneira: $TR = Y/Ep$. Sua unidade é expressa em energia por unidade de energia, massa ou dinheiro, sej/J, sej/kg ou sej/US\$. Y representa a energia total do produto ou serviço e Ep diz respeito a energia total do produto ou serviço.

Vale ressaltar que já existem inúmeros índices de transformidades, de diferentes tipos de materiais, já disponíveis na literatura. A Tabela 1 demonstra os valores das transformidades utilizadas neste trabalho.

Tabela 1: Referências bibliográficas das transformidades usadas neste trabalho

Item	Transformidades	Unidades	Referências
Chuva	1,82E+4	j/ha/ano	Odum. 2000a.
Sol	1	j/ha/ano	Odum, 1996.
Uso da água	4,11E+04	j/ha/ano	Comar & Ortega, 2003.
Depreciação	3,30E+12	\$/ha/ano	Agostinho, 2005
Eletricidade	3,36E+05	j/ha/ano	Odum, 1996.
Manutenção	3,30E+12	j/ha/ano	Agostinho, 2005.
Combustível	1,11E+05	j/ha/ano	Odum, 1996.
Telefone	3,30E+12	\$/ha/ano	Agostinho, 2005
Mão de obra	4,00+05	j/ha/ano	Comar & Ortega, 2003

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

2.4 INDICADORES DE EMERGIA

O cálculo dos indicadores é parte essencial na aplicação da metodologia proposta nesta pesquisa. Os índices são calculados a partir dos resultados da tabela de avaliação dos fluxos (R, N e F) do sistema produtivo (ODUM, 1996; ULGIATI; BROWN, 1998). O Quadro 1, a seguir, mostra uma síntese dos indicadores juntamente com suas equações.

Quadro 1: Descrição dos indicadores de energia e suas equações.

Descrição dos indicadores	Equação dos indicadores
Indicador de rendimento: medida da energia obtida da natureza em razão do investimento realizado.	$EYR = Y / F$
Indicador renovabilidade: medida de energia proveniente de fontes renováveis em razão da energia total do sistema.	$R = (R / Y) \times 100$
Indicador de carga ambiental: indica a pressão do sistema sobre o meio ambiente.	$ELR = (N + F) / R$
Índice de Sustentabilidade: demonstra a contribuição do sistema para cada unidade de carga ambiental.	$SI = EYR / ELR$

Fonte: Ortega (2002) e Pauletti (2016).

Para o indicador de rendimento (EYE) considera-se um valor bom quando a razão entre os recursos investidos e a energia da natureza for 1 ou um valor próximo de um. Nesse sentido, quanto maior, melhor.

A renovabilidade, de acordo com Odum (1996), é indicada na forma de porcentagem e quanto maior a porcentagem, mais capacidade do sistema de se sustentar a longo prazo. Quanto maior, melhor.

O índice de carga ambiental ELR verifica o estresse ambiental, quanto menor o valor deste indicador, menor o estresse imposto ao ambiente. o estresse ambiental é baixo quando o ELR for menor que 2 (BROWN e ULGIATI, 2002).

O índice de sustentabilidade (SI) ressalta as contribuições do sistema em razão da carga ambiental. Sistemas com valores entre 0 e 1 indicam contribuições sem perturbação ambiental; com valores de 1 até 5, indicam que o sistema é sustentável a médio prazo; e com o valor acima de 5, o sistema é sustentável a longo prazo (BROWN e ULGIATI, 2004).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa é classificada como descritiva, que, conforme Prodanov e Freitas (2013), descreve características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. A pesquisa também é de natureza quantitativa, que, segundo Knechtel (2014), procura descobrir e classificar a relação entre as variáveis, as relações de causa e efeito entre os diferentes fenômenos.

O processo da avaliação emergética, conforme Odum (1996) e Odum, Brown e Williams (2000), segue algumas etapas lineares como: (i) identificação do local do estudo; (ii) elaboração do diagrama de energias, apresentado na Figura 1; (iii) montagem da tabela de avaliação emergética, conforme a Tabela 1; (iv) cálculo dos índices emergéticos e (v) interpretação dos resultados.

A coleta de dados foi feita em duas partes: primeiro através de entrevista não estruturada que, conforme Laville e Dionne (1999), proporciona uma flexibilidade à coleta de dados, assim como uma maior abertura ao entrevistado, tornando dessa forma as respostas mais autênticas; e segundo, a coleta de dados sobre precipitação de chuvas foi realizada a partir do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (INPE/CPTEC). A radiação solar, foi feita a partir dos dados disponíveis do Programa de Parceria Público-Privada e Concessões do Estado do Piauí (PPP). As transformidades foram colhidas através da literatura disponível.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO

A presente pesquisa usa a metodologia emergética para analisar a sustentabilidade de um sistema produtivo localizado na cidade de Regeneração, localizada a 145km da capital. Para isso, foram analisados os dados referentes às colheitas de 2022.

O sistema escolhido foram dois apiários administrados por um apicultor local. O primeiro fica localizado na fazenda Chapada Grande, localizada a 30km do centro de Regeneração. Já o segundo fica localizado na Chácara Muquem, também localizada em Regeneração. Mesmo estando em locais distintos, os dois apiários constituem um só sistema uma vez que o processo de colheita do mel é realizado nos apiários, mas todo o processo de pré e pós envase é realizado na propriedade do apicultor.

3.2 TABELA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

A tabela de avaliação emergética onde dispõe de todos os itens essenciais para o cálculo dos indicadores. Serão destacados os recursos R (renováveis), os recursos N (não renováveis) e os recursos F (de natureza econômica) do sistema estudado.

Tabela 2 – Tabela de avaliação emergética.

Nota	Nome das contribuições	Valor	Unidades	Transformidade	Fluxos de Emergia
R: Recursos da natureza renováveis					

N: Recursos da natureza
não renováveis

F: Recursos da economia

Fonte: Adaptado de Ortega (2002).

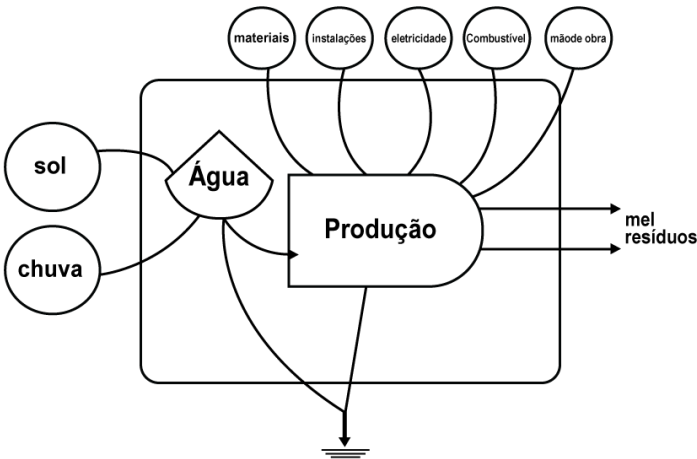
A primeira coluna apresenta o nome das contribuições do sistema estudado. Na segunda coluna são dispostos os valores numéricos de cada material usado no sistema. A terceira coluna representa as unidades de medida que serão trabalhadas de acordo com a natureza de cada contribuição. A quarta coluna apresenta as transformidades de cada material. Na quinta coluna estão os fluxos de energia que é calculado a partir do produto dos valores numéricos e das transformidades.

Após a construção da tabela, iniciam-se os cálculos dos índices emergéticos citados no Quadro 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo para iniciar a análise através da metodologia emergética é a construção do diagrama dos fluxos emergéticos. A figura 2 apresenta as entradas e saídas no sistema estudado sendo possível observar as contribuições de materiais da economia e também as da natureza.

Figura 2: Diagrama de fluxos emergéticos de um apiário



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O diagrama foi elaborado a hierarquia postulada por Odum (1996) na qual são agrupadas as contribuições da natureza renováveis à esquerda e os recursos materiais à direita e no topo.

A partir da segmentação das contribuições da economia e da natureza atrás do diagrama, foram calculados os fluxos emergéticos do sistema. Para realizar os cálculos foi necessário usar transformidades já determinadas por outros autores conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 3: Avaliação emergética da produção de mel e Regeneração, Piauí.

Nota	Contribuição	Valor numérico	Unidades	Transformida de (sej/unidade)	Fluxo de energia (sej/ha/ano)
------	--------------	----------------	----------	-------------------------------	-------------------------------

Recursos naturais renováveis					7,92E+15
1	Chuva	4,35E+11	J/ha/ano	1,82E+04	7,92E+15
2	Sol	1,05E+07	J/ha/ano	1	1,05E+07
Recursos naturais não renováveis					8,63E+12
3	Uso da água	2,10E+08	J/ha/ano	4,11E+04	8,63E+12
Recursos naturais (I)					7,93E+15
Recursos materiais da economia (m)					2,42E+15
4	Depreciação das instalações e equipamentos	220,6	\$/ha/ano	3,30E+12	7,28E+14
5	Combustível	2,58E+09	J/ha/ano	1,11E+05	2,86E+14
6	Eletricidade	3,93E+09	J/ha/ano	3,36E+05	1,32E+15
7	Manutenção	2,61E+01	J/ha/ano	3,30E+12	8,63E+13
Recursos da economia (s)					1,75E+14
8	Telefone	5,07E+01	\$/ha/ano	3,30E+12	1,67E+14
9	Mão-de-obra	2,05E+07	J/ha/ano	4,00E+05	8,21E+12
Total de recursos da economia (F)					2,60E+15
Total de emergia do sistema					1,05E+16

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

A partir dos dados obtidos pela avaliação em emergia do sistema estudado, foi possível determinar os valores de cada contribuição. Nesse sentido, os recursos renováveis do sistema equivalem a 7,92E+15 sej/ha/ano, os recursos não renováveis 8,63E+12 sej/ha/ano e os recursos da economia M e S foram 2,42E+15 sej/ha/ano e 1,75E+14 sej/ha/ano.

As contribuições dos recursos não renováveis da natureza (N) dizem respeito somente ao uso da água no sistema. Considerou-se a água como recurso não renovável tão somente pelo fato dela não ser reaproveitada uma vez que é usada para limpeza fina dos materiais relativos à colheita do mel.

Em pesquisa publica no ano de dois mil e treze, Eurich, Neto e Rocha (2013) evidenciam o item “perda do solo” como recurso da natureza não renovável assim como na pesquisa de Gonçalves et al. (2018). Essas duas pesquisas compartilham do mesmo item porque usam o solo como parte principal no processo de produção. O sistema estudado nesse trabalho não usa o solo como parte essencial uma vez que não há plantio de nenhum tipo.

Apoiando-se nos itens calculados na Tabela 2, foram calculados os indicadores emergéticos como é demonstrado na Tabela 3.

Tabela 4: Avaliação emergética da produção de mel e Regeneração, Piauí

Indicador de emergia	Valor
Indicador de rendimento (EYR)	4,05
Indicador de carga ambiental (ELR)	0,33
Índice de Sustentabilidade (SI)	12,3
Indicador de porcentagem de Renovabilidade(R)	75,2

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O EYR mede a incorporação de energia da natureza em relação do total de energia investida (Y) por unidade de retorno econômico, valores próximos a 1 significam que o sistema consome tanta energia quanto o que disponibiliza a economia. Nesse caso, o sistema apresenta $EYR = 4,05$, mostrando, assim, que o sistema utiliza 4,05 vezes mais recursos provenientes da economia em relação às contribuições da natureza.

A Tabela 2 apresenta um indicador de carga ambiental ELR de 0,33 e isso demonstra que o sistema gera uma baixíssima carga ambiental. Para esse índice, quanto menor o valor obtivo, melhor para o sistema estudado.

Para demonstrar o nível de sustentabilidade (SI) do sistema, a metodologia emergética apresenta do indicador de sustentabilidade que expressa o nível de sustentabilidade a curto, médio ou longo prazo. O sistema estudado tem o SI de 12,3, indicando que o sistema é altamente sustentável.

Para inteirar a análise da sustentabilidade, este trabalho também analisou o índice de renovabilidade, que, de acordo com Odum (1996), é a capacidade do sistema de se sustentar a longo prazo. O índice de renovabilidade é de 75,2%, isto é, a porcentagem de recursos renováveis em razão dos recursos da economia do sistema.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar do ponto de vista da metodologia emergética, o nível de sustentabilidade de um sistema produtivo formado por dois apiários no município de Regeneração, Piauí. Para isso foram necessários os cálculos essenciais da própria metodologia emergética.

A partir dos cálculos essenciais feitos através Tabela 2, foi possível calcular os indicadores emergéticos. Esses valores foram: 4,05 para o indicador de rendimento emergético (EYR); 0,33 para o indicador de carga ambiental (ELR); 12,3 para o indicador de sustentabilidade ambiental; e, por fim, 75,2% de renovabilidade do sistema. Desse modo, o estudo conseguiu alcançar os objetivos uma vez que demonstrou todos os índices relacionados à sustentabilidade demonstrando, assim, que o sistema é sustentável a médio e longo prazo.

A metodologia emergética mostra-se uma ferramenta bastante poderosa para analisar a sustentabilidade de um sistema produtivo. Sob uma mais preocupada com o meio ambiente, a metodologia também pode servir alicerce para que os consumidores preocupados com o custo ambiental dos produtos verifiquem as informações sobre o sistema de produção de um produto ou serviço específico.

Vale ressaltar que a metodologia emergética contempla outros índices, no entanto, este estudo concentrou-se tão somente a apresentar a metodologia como ferramenta de análise da sustentabilidade. Portanto, como recomendação para pesquisas futuras, cabe analisar a fase comercialização do produto

REFERÊNCIAS

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas. 1988.

GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. **Journal of Cleaner Production**. v.14, p.201-210. 2006.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

MARZAL, K; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, 2000.

MALHEIROS, Tadeu Fabrício e PHILIPPI JUNIOR, Arlindo e COUTINHO, Sonia Maria Viggiani. **Governança ambiental e indicadores de sustentabilidade**. São Carlos: EESC-USP. 2008.

ODUM, H. T. **Environmental accouting, emergy and environmental decision making**. 1a ed., New York. John Wiley & Songs Ltd., 1996.

ODUM, H.T.; BROWN, M.T.; BRANDT-WILLIAMS, S.; **Introduction and global budget, Folio #1. In: Handbook of emergy evaluation**. Gainesville, Center for Environmental Policy. Environmental Engineering Sciences. Univ. of Florida, 2000a.

ODUM, H. T.; BROWN, M. T.; WILLIAMS, S. B. **Handbook of emergy: evaluations folios 1-4**. Gainesville: University of Florida/ Center for Environmental Policy, 2000.

ODUM, H. T.; ODUM, E. P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, New York, v. 3, n. 1, p. 21-23, 2000.

ORTEGA, Enrique. **Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia**. Campinas. 2002. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>. Acesso em 15/12/2020.

PIEROBOM, J. L. **Estudo da sustentabilidade ambiental em diferentes sistemas de criação de tilápias**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Paulista, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unip.br/programa-de-pos-graduacao-stricto-sensu-em-engenharia-de-producao/estudo-da-sustentabilidade-ambiental-em-diferentes-sistemas-de-criacao-de-tilapias>. Acesso em: 01/02/2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 4 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SPECHT, Leandro; QUADROS, Sergio Augusto Ferreira; ERPEN, Julio Graeff; ROSA, Antônio Carlos Machado. Avaliação da sustentabilidade da pecuária de corte extensiva tradicional do Pantanal Sul-Mato-Grossense através da metodologia emergética. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 7, ed. 3, p. 16-25, 2012.

TAKAHASHI, F. et al. **Avaliação da pecuária extensiva do Pantanal por meio de análise emergética– análise preliminar**. 46^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Maringá, 2009.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions: the case of electricity production. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 10, n. 4, p. 335-348, 2002.