

Monitoramento Emergético para Conservação e Uso dos Recursos Naturais das Áreas da Embrapa Clima Temperado



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
302**

**Monitoramento Energético para Conservação
e Uso dos Recursos Naturais das Áreas
da Embrapa Clima Temperado**

Ênio Egon Sosinski Júnior

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2018

Embrapa Clima Temperado 26
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente
Enio Egon Sosinski

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Nathália Santos Fick (estagiária)

Foto capa
Paulo Lanzetta

1ª edição
Obra digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

S715m Sosinski Junior, Enio Egon

Monitoramento emergético para conservação e uso
dos recursos naturais das áreas da Embrapa Clima
Temperado / Enio Egon Sosinski Junior. – Pelotas:
Embrapa Clima Temperado, 2018.

24 p. (Boletim / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1678-2518 ; 302)

1. Agricultura. 2. Contabilidade. 3. Agricultura
sustentável. I. Título. II. Série.

CDD 657.863

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....8

Material e Métodos9

Resultados e Discussão11

Conclusões.....17

Referências18

Anexos A18

Monitoramento Emergético para Conservação e Uso dos Recursos Naturais das Áreas da Embrapa Clima Temperado

Ênio Egon Sosinski Júnior¹

Resumo – A metodologia emergética se propõe a medir todas as contribuições (moeda, massa, energia, informação) em termos equivalentes (eMergia solar), fazendo uso da Teoria de Sistemas, da Termodinâmica, da Biologia e de novos princípios do funcionamento de sistemas abertos. EMergia é o custo energético de um recurso expressado em Joules de energia solar equivalente (sej). Uma vez que há energia disponível em tudo aquilo que é reconhecido como um ente na Terra (e no universo), a energia poderia ser usada para avaliar a riqueza real em uma base comum. Essas informações são valoradas a fim de permitir a comparação de custos de produção de produtos agropecuários em diferentes agroecossistemas, considerando-se todas as variáveis energéticas utilizadas. As informações obtidas em diagnóstico e mapeamento do uso e cobertura da terra caracterizam o tipo de prática agrícola utilizada nas diferentes áreas na paisagem dos agroecossistemas. A partir da informação de composição dos agroecossistemas os recursos naturais renováveis (sol, chuva, etc.) e não renováveis (solo, minerais, erosão) podem ser quantificados quanto aos fluxos de eMergia por área. Todas as entradas energéticas serão convertidas em fluxos de eMergia (sej/ha/ano), agrupadas e compartimentalizadas em subitens como: recursos naturais renováveis (R), recursos não renováveis (NR), contribuições da economia (I), e os fluxos oriundos dos serviços prestados e mão de obra em serviços (S). Após, com base na composição relativa desses compartimentos, podem ser gerados os indicadores da capacidade de renovação e os indicadores agregados para cada agroecossistema. Neste estudo, a metodologia emergética foi empregada para o cálculo dos índices de renovabilidade emergética para

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

os recursos naturais, com o objetivo de permitir um monitoramento quantitativo do uso dos recursos naturais das áreas experimentais da Embrapa Clima Temperado

Termos para indexação: indicadores, sustentabilidade, balanço energético.

Emergetic Monitoring for Conservation and Use of Natural Resources in the Areas of Embrapa Clima Temperado

Abstract – The emergetic methodology proposes to measure all contributions (currency, mass, energy, information) in equivalent terms (solar energy), making use of the Thermodynamic Systems Theory, the Biology and the new operating principles of open systems. The eMergy is the energy cost of a resource expressed in Joules equivalent solar energy (sej). Since there is available energy in everything that is recognized as an entity on Earth (and in the universe), energy could be used to assess real wealth on a common basis. This information is valued in order to allow the comparison of production costs of agricultural products in different agroecosystems, considering all emergetic variables. The information collected in the diagnosis and mapping of land use and land cover characterizes the type of agricultural practice applied in different areas of the agroecosystem landscape. Based on the information on the composition of agroecosystems, renewable natural resources (sun, rain, etc.) and non-renewable ones (soil, minerals, erosion) can be quantified in terms of eMergy flows by area. All energy inputs will be converted into eMergy flows (sej / ha / year) and grouped into sub-items such as: renewable natural resources (R), non-renewable resources (NR), monetary contributions (I), and flows provided by labors services (S). Afterwards, based on the relative composition of these compartments, the renewability capacity indicators and the aggregate indicators for each agroecosystem can be generated. In this study, the emergetic methodology was applied to calculate the emergetic indices for the renewability of natural resources, with the aim at to allow a quantitative monitoring of the use of the natural resources of the experimental areas of Embrapa Clima Temperado.

Index terms: indicators, sustainability, energy balance.

Introdução

A análise emergética é uma metodologia que considera na análise todos os fluxos energéticos provenientes dos recursos naturais [renováveis (R) e não renováveis (NR)] e das entradas da economia [insumos (I) e serviços (S)]. Permite, portanto, ordenar os fluxos energéticos de um sistema e perceber as inter-relações existentes, bem como quantificá-los em unidade emergética (sej) (Ortega, 2004). Os fluxos de energia provenientes de recursos naturais (sol, chuva, vento, biomassa, solo, etc.) e da economia (insumos e equipamentos agrícolas, mão de obra contratada, serviços terceirizados, etc.), e que são contabilizados nos processos produtivos, podem ser expressos em diversas unidades (J/ano, Kg/ano, \$/ano). Esse conjunto de unidades diferenciadas confunde uma avaliação da importância de alguns componentes, principalmente, dos recursos gratuitos oferecidos pela natureza. Para uma correta avaliação de todos os componentes envolvidos nos processos produtivos, faz-se necessário converter esses diferentes fluxos para um mesmo tipo de energia por meio de algum fator de conversão (Ortega et al., 2005). Uma forma encontrada foi converter todos os fluxos envolvidos em joule de energia solar ou em joule (sej). Para a conversão das diferentes unidades de energia em joules de energia solar (sej), são utilizados parâmetros já descritos na bibliografia especializada como transformidades (Cavalett et al., 2006).

A análise emergética é um método de contabilidade ambiental baseado em um conceito sistêmico, que oferece um conjunto de indicadores que permitem avaliar e monitorar o estado de conservação e uso de sistemas agropecuários, considerando-se a complexa interação entre a natureza e a sociedade. O desenvolvimento dessa ferramenta foi pensado com a intenção de informar políticas ambientais e para avaliar a qualidade e quantidade de recursos energéticos na dinâmica de sistemas complexos (Brown; Ulgiati, 1997). Dessa forma, a análise emergética tem sido apropriada para entender como sistemas agropecuários se relacionam quanto à utilização de recursos naturais (Cavalett et al., 2006) e à manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas (Campbell, 2000).

Neste trabalho, foram avaliadas, com base na aplicação da análise emergética, as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, a fim de se obter indicadores de desempenho e sustentabilidade ambiental,

principalmente relacionados à renovabilidade (taxa de renovação) de alguns serviços e bens ofertados pela natureza. Partiu-se da hipótese de que unidades de pesquisas agrícolas menos intensivas no uso dos recursos naturais são as que apresentam a maior renovabilidade ou sustentabilidade e que metodologias alternativas às usuais na geração de indicadores de sustentabilidade favorecem os tomadores de decisão sobre quais estratégias são melhores para a manutenção da oferta de benefícios ambientais, de maneira a garantir o bem-estar futuro e a integridade ambiental da região.

Material e Métodos

Os dados econômicos e demais fluxos naturais e econômicos analisados neste trabalho são oriundos do trabalho de Sosinski Junior (2017) e serviram para a contabilidade ambiental por base física da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

O município de Pelotas apresenta duas regiões com sistemas de produção agropecuários bem distintos: numa predominam pequenos agricultores que praticam a policultura com sistemas de produção intensivos, destacando-se a fruticultura e a olericultura, e noutra há sistemas mais extensivos, baseados na presença da produção de grãos e nas pecuárias de corte e leite (Garcia; Santos, 2005). O município pode ser dividido em duas zonas agroecológicas (ZA), com base na relação entre categoria social e agroecossistemas. A primeira zona (ZA1), composta predominantemente por solos Planossolos e Podzólico hidromórfico, com cobertura vegetal rasteira (campos), bosques de eucalipto e algumas matas ciliares, e com baixa densidade demográfica, caracteriza-se pelas atividades do cultivo do arroz irrigado, pecuária de corte e produção leiteira, na qual se insere a Estação Experimental de Terras Baixas (EETB) da Embrapa Clima Temperado. A zona dois (ZA2) caracteriza-se por apresentar relevo ondulado, com boa disponibilidade de recursos hídricos e solos predominantemente Podzólico com presença de Litossolos nas encostas mais elevadas. A cobertura vegetal é composta por matas nativas no alto dos cerros e apresenta boa preservação de matas ciliares, alguns bosques de eucalipto, pastagens nativas e cultivadas, e capoeiras. A ZA2, com alta densidade demográfica, caracteriza-se por uma agricultura bem diversificada, mecanizada ou não, com destaque para os cultivos de pêssego, fumo, tomate, cebola, batatinha, morango, feijão, entre outras olerícolas e bovino-

cultura de leite e avicultura. Nessa segunda zona, tem-se as propriedades rurais com sistemas mais intensivos de agricultura baseados em fruticultura e alguns grãos, em que se insere a sede da Embrapa Clima Temperado. Representando as pequenas propriedades familiares com agricultura diversificada, foi analisada a Estação Experimental Cascata (EEC), base física mais antiga da Embrapa Clima Temperado.

Para as análises emergéticas e cálculo da contabilidade ambiental, foram considerados os dados de área de cobertura e uso do solo das principais atividades agrícolas por base física da Embrapa Clima Temperado, e calculados os fluxos de energia. Esses foram agrupados e compartimentalizados em subitens como: **(R) recursos naturais renováveis** para as fontes de energia como o sol, a chuva ou o calor emanado pelo interior da Terra; os fluxos de energia finitos e relacionados ao desgaste da natureza foram agrupados em **recursos não renováveis (NR)**. Assim como aqueles provenientes da economia, como os insumos, foram agrupados em **contribuições da economia (I)**, e os fluxos oriundos dos serviços prestados e mão de obra em **serviços (S)**. Após, com base nesses compartimentos por base física, foram gerados os indicadores da capacidade de renovação e os indicadores agregados. Assim, os indicadores puderam ser calculados como:

(a) **Renovabilidade (%)**: utilizada para avaliar a sustentabilidade geral dos sistemas de produção. Expressa em porcentagem, é definida como a razão entre eMergia dos recursos naturais renováveis empregados (R) e a eMergia total utilizada pelo sistema (Y).

$$R=Y/R*100.$$

Onde: R são os **recursos naturais renováveis** e Y (R + NR + I + S) a soma dos demais compartimentos; NR são **recursos não renováveis**; I são as **contribuições da economia** e S são os **serviços**.

(b) Razão de produção emergética (**EYR**): medida da incorporação de eMergia obtida da natureza. Indica quanta energia da natureza o processo captura para o setor econômico. É expressa como a relação do total de eMergia investida (Y) por unidade de retorno econômico (F = I + S).

$$EYR=Y/F$$

Onde: F é a soma das **contribuições da economia (I)** e dos **serviços (S)**.

(c) Razão da Carga Ambiental (**ELR**): obtida por meio da divisão da soma dos recursos da economia (F) mais recursos provenientes da natureza não renováveis (NR) pelos recursos gratuitos provenientes da natureza (R). Pode ser interpretada como um índice da carga ambiental que cada unidade proveniente da natureza precisa suportar no processo de produção.

$$\text{ELR} = [I + S + \text{NR}] / R$$

I são **contribuições da economia**, S dos **serviços** e NR são os **recursos não renováveis**.

(d) Índice de Sustentabilidade Emergética (**ESI**): obtido por meio da divisão da razão de investimento emergético (EYR) pela razão da carga ambiental (ELR). Pode ser interpretado como uma medida da compatibilidade econômica e ambiental. Os melhores valores são esperados aqueles com altas produtividades e baixo impacto ambiental.

$$\text{ESI} = \text{EYR} / \text{ELR}$$

(e) Razão de investimento emergético (**EIR**): mede o investimento da sociedade para produzir determinado bem em relação à contribuição da natureza. O EIR é obtido por meio da divisão dos recursos da economia (F) pelos recursos provenientes da natureza ($Z = R + \text{NR}$). Pode ser interpretado como um índice de competitividade que varia com o lugar e o tempo.

$$\text{EIR} = F / Z$$

Onde: Z é a soma dos **recursos naturais renováveis** (R) com os **recursos não renováveis** (NR).

Resultados e Discussão

Os principais fluxos ambientais e econômicos, contabilizados por base física da Embrapa Clima Temperado, são apresentados nas Tabelas 1 e 2 (e descritos nos anexos). Servem para ilustrar como cada base física se relaciona com os fluxos da natureza e econômicos, e o equilíbrio que essas unidades de pesquisas apresentam com o seu meio ambiente. Os valores são apresentados por hectare e as diferenças entre propostas de utilização dos recursos podem ser comparadas. É inegável a importância da chuva para as atividades rurais, assim como é conhecida a quantidade de energia ne-

cessária para que os ciclos que causam a chuva (hidrológicos) aconteçam. Embora os recursos renováveis (R) aportados a qualquer uma das bases sejam muito parecidos, o fluxo de energia da chuva é o fator de maior contribuição, e também o maior fator geral de aporte de eMergia aos sistemas de produção (Anexos). Resultado semelhante foi apresentado por Rótolo et al., (2007) para os ecossistemas do Pampa argentino, sendo destacado pelos autores que esses aportes de energia normalmente não são contabilizados pelos balanços tradicionais de energia ou custos de produção dos produtos agropecuários.

Tabela 1. Descrição das áreas e usos da terra nas três bases físicas da Embrapa Clima Temperado e o total emergético (Y) por hectare em cada base.

EMergia Total (Y) por hectare (E12 sej/ha/ano)	E. E. Cascata		Sede		E. E. Terras Baixas	
	Y=2.978,76		Y=4.699,02		Y=4.259,46	
Descrição do uso da terra	Área (ha)	E12 sej/ha/ano	Área (ha)	E12 sej/ha/ano	Área (ha)	E12 sej/ha/ano
Agrícola (fruticultura)			95	446.406,90		
Agrícola (grãos)			15	70.485,30	700	2.981.622
Agrícola (horticultura)	18	53.617,68				
Áreas de proteção obrigatórias (APP e Reserva Legal)	52	155.640,21	58	271.133,45	876	3.731.287
Floresta Nativa	22	66.575,29	24	114.656,09	162	690.033
Pastagem com pecuária					867	3.690.822
Silvicultura	7	20.851,32	8	39.471,77	50	210.843
Vegetação natural (descanso)	29	87.277,67	43	203.937,47	155	658.938
Total emergético por base física (E12 sej/ha/ano)	129	383.962,16	244	1.146.091	2.809	11.963.545

Tabela 2. Forças econômicas e ambientais determinantes expressas em termos de eMergia (sej unidade⁻¹) e percentagem do total eMergia por hectare.

	Naturais				Econômicas				
	Renováveis (R)		Não renováveis (NR)		Insumos (I)		Serviços (S)		Total (Y)
	E12	Y	E12	Y	E12	Y	E12	Y	E12
	sej/ha/ ano	(%)	sej/ha/ ano	(%)	sej/ha/ ano	(%)	sej/ha/ ano	(%)	sej/ha/ ano
E. E. Cascata	2.360,70	79,25	271,23	9,11	304,97	10,24	41,85	1,40	2.978,75
Sede	2.330,18	49,59	1.312,38	27,93	983,90	20,94	72,56	1,54	4.699,02
E. E. Terras Baixas	2.301,05	54,02	1.166,42	27,38	787,19	18,48	4,80	0,11	4.259,46

Por outro lado, as diferenças encontradas nos totais de recursos não renováveis (NR) não são tão iguais como no caso dos renováveis (R). A conversão de áreas naturais pelo uso com culturas agrícolas é um fator fundamental, nas bases físicas Sede e E. E. Terras Baixas, para incrementar a necessidade de maior aporte de energia, principalmente daquela energia relacionada ao desgaste natural do ambiente. Nesse caso de uso de energia não renovável a qual precisa necessariamente ser repostada para a continuidade das explorações agropecuárias, deve ser encarado como um custo de produção indireto, que ao longo dos anos de produção aumenta o passivo ambiental das unidades de produção agrícolas. Usualmente, essas formas de energia também não são consideradas nos cálculos de custo de produção econômicos. Por exemplo, quando falamos de perda do solo na agricultura, isso se torna um pouco mais grave por ser esse um recurso natural não renovável (NR), e que, apesar de neste trabalho corresponder a uma baixa necessidade energética de reposição, é sabidamente de difícil reposição em poucos anos. Assim, no componente desgaste natural (NR), observa-se uma relação proporcional de aumento da energia incorporada pelo sistema com o tamanho das bases físicas e em relação com a intensidade de agricultura pra-

ticada. Quanto mais áreas utilizadas com agricultura convencional nas propriedades, maior a propensão ao desgaste natural.. Dessa forma, em virtude da conversão dessas áreas, antes naturais, em agrícolas, passa a ocorrer um incremento de energia incorporada pelo aumento do desgaste de elementos da natureza como o solo e a biodiversidade. Uma vez que se desgastem esses elementos, a sua recomposição torna-se muito mais dispendiosa pelo número de anos e quantidade de energia necessária para a reposição desses elementos. Ou seja, a visão conservacionista com a possibilidade de um mínimo desgaste natural deve ser muito bem acompanhada nos processos produtivos (Agostinho; Ortega, 2012).

Quanto aos aportes econômicos necessários, os insumos (I) comprados ou buscados fora dos agroecossistemas, como fertilizantes agrícolas, calcário e ureia, contribuem mais do que os serviços (S) para todas as bases físicas. Entretanto, são maiores nas bases Sede e E. E. Terras Baixas, devido à maior intensificação do tipo de produção agrícola que se realiza nessas bases. Ao contrário, na E. E. Cascata, há uma produção agrícola menos intensificada, mais ecológica, que aproveita melhor os aportes de energia oriundos dos sistemas naturais. Com isso, é reduzida a necessidade de aportes de insumos externos aos sistemas de produção, mas eleva-se um pouco a necessidade de utilização de mão de obra. Tal fato pode ser observado na Tabela 1 e corroborado nas propriedades com agricultura familiar que essa base física representa. Ou seja, a produção de alimentos requer escalas de propriedades menores e mais intensivas no uso da mão de obra.

Na Figura 1, observam-se os principais fluxos econômicos emergéticos e ambientais que compõem as bases físicas da Embrapa Clima Temperado em termos de utilização total de recursos por hectare. Os valores são relativamente semelhantes entre si, mas se observa uma diferença entre as bases que utilizam os sistemas mais convencionais de uso e conservação dos recursos (Sede e E. E. Terras Baixas) em relação à E. E. Cascata. Nessa, a área natural proporcional, mesmo quando rateada por hectare, aporta uma quantidade de energia a toda base física, que proporciona à contabilidade ambiental da estação experimental um perfil muito mais ecológico de utilização dos recursos.

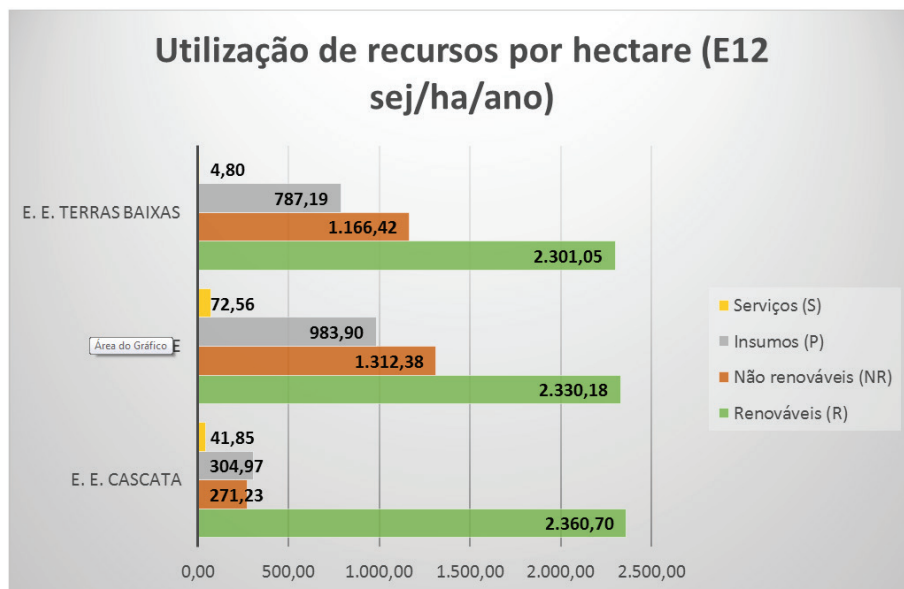


Figura 1. Componentes do total emergético expressos em eMergia (sej) por hectare, aportada às três bases físicas da Embrapa Clima Temperado.

Os índices emergéticos que sintetizam melhor a discussão acima estão resumidos na Tabela 3 e permitem contextualizar melhor as diferentes tecnologias empregadas nas bases físicas e sistemas de produção agrícolas pelo mundo, especialmente quanto a suas formas de utilizar os diferentes fluxos de energia agrupados em compartimentos. Quando comparados a outros estudos para a América do Sul, como no Pampa argentino ou para a soja brasileira (Ortega et al., 2005; Martin et al., 2006; Rótolo et al., 2007), verifica-se que esses índices tornam mais nítida a diferença entre os sistemas de produção, como para a produção de milho altamente intensiva dos EUA (Martin et al., 2006), quando comparada com aquela completamente extensiva dos índios no México (Martin et al., 2006). Os índices permitem observar a diferença entre a soja orgânica e a soja convencional no Brasil, principalmente no que diz respeito à carga ambiental. São 1,40 da carga da soja orgânica contra 3,40 da soja convencional.

Tabela 3. Comparativo de índices emergéticos para diferentes sistemas de produção agrícolas.

	Renovabilidade (%)	EYR	ELR	ESI	EIR	Fonte
	(R / Y)	$(Y / (I + S))$	$((NR + I + S) / R)$	(EYR / ELR)	$((I + S) / (R + NR))$	
E. E. Cascata	0,79	8,59	0,26	32,81	0,13	
Sede	0,50	4,45	1,02	4,38	0,29	
E. E. Terras Baixas	0,54	5,38	0,85	6,32	0,23	
Patronal Leite	0,35	2,60	1,86	1,40	0,63	Sosinski Junior (2017)
Familiar Leite	0,40	3,06	1,50	2,04	0,49	Sosinski Junior (2017)
Patronal Fruticultura	0,40	2,83	1,52	1,86	0,55	Sosinski Junior (2017)
Familiar Horticultura	0,40	3,42	1,51	2,27	0,41	Sosinski Junior (2017)
Patronal Horticultura	0,62	3,38	0,60	5,64	0,42	Sosinski Junior (2017)
Pecuária Argentina	0,65	3,73	0,55	6,80	0,37	Rótolo et al. (2007)
Soja Orgânica Brasil	0,42	1,78	1,40	1,27	1,27	Ortega et al. (2003)
Soja Química Brasil	0,23	1,74	3,40	0,50	1,35	Ortega et al. (2003)
Produção Milho USA	0,05	1,07	18,83	0,06	13,87	Martin et al. (2006)
Produção Indígena México	0,91	12,17	0,01	115,98	0,09	Martin et al. (2006)

Renovabilidade (% renewability/100): porcentual de renovabilidade.

EYR (emergy yield ratio): razão de rendimento emergético.

ELR (environmental loading ratio): razão de carga ambiental.

ESI (emergy sustainability index): índice de sustentabilidade emergética.

EIR (emergy investment ratio): razão de investimento emergético

O percentual de renovabilidade dos sistemas de produção agrícola familiar, como na E. E. Cascata, é o mais alto entre as tipologias estudadas e muito próximo de sistemas muito naturais, como a produção indígena mexicana. Ainda que possa haver diferenças metodológicas significativas, uma vez que neste estudo das bases físicas foi feita apenas uma adaptação da metodologia mais detalhada recomendada. A alta renovabilidade encontrada está relacionada com a baixa carga ambiental ($ELR = 0,26$) oferecida por esse tipo de produção agrícola, mimetizada pela base física da Embrapa. Quando comparada com os outros sistemas analisados em termos de sustentabilidade emergética (ESI), verifica-se a discrepância nos índices e o provável motivo para que a sustentabilidade do tipo de agricultura praticada na E. E. Cascata seja de valor maior (32,81). Valor ainda distante da produção de milho indígena mexicana (Martin et al., 2006), mas muito maior do que todas as outras formas de se produzir na agricultura.

Conclusões

Avaliar a sustentabilidade dos agroecossistemas, especialmente tomando como exemplo unidades de pesquisas que utilizam técnicas modernas de produção de alimentos e *commodities*, constitui-se um importante desafio para instituições de pesquisas. Apontar caminhos e formas cada vez melhores de se ofertar alimentos de qualidade, os quais, na sua produção, respeitem os limites para se evitar a degradação e manter a conservação do meio ambiente, são uma demanda crescente dos agricultores, da sociedade urbana e dos gestores públicos. Ao apresentar indicadores emergéticos que possibilitam uma abordagem alternativa à atual forma de avaliação dos custos de produção e gestão dos recursos naturais, este estudo aponta que a produção agropecuária sustentável é alcançada quando baseada em técnicas mais conservacionistas de produção; aquelas com menor utilização de insumos externos aos sistemas produtivos e que buscam diminuir ao mínimo o desgaste dos recursos naturais.

Referências

AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E. Integrated food, energy and environmental services production as an alternative for small rural properties in Brazil. **Energy**, v. 37, p. 103–114, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.003>

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation.

Ecological Engineering, v. 9, p. 51–69, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(97\)00033-5](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(97)00033-5)

CAVALETT, O.; QUEIROZ, J. F. de.; ORTEGA, E. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. **Ecological Modelling**, v. 193, p. 205–224, 2006.

GARCIA, D. C.; SANTOS, L. A. dos. Análise-diagnóstico da agricultura de Pelotas. In: BASSO, D.; SILVA NETO, B. **Sistemas agrários do Rio Grande do Sul: análise e recomendações de políticas**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2005. p. 241–248.

MARTIN, J. F.; DIEMONT, S. A. W.; POWELL, E.; STANTON, M.; LEVY-TACHER, S. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 115, p. 128–140, 2006.

ORTEGA, E. The prosperous way down: a proposal for action. **Ecological Modelling**, v. 178, p. 243–246, 2004.

ORTEGA, E.; CVALETT, O.; BONIFÁCIO, R.; WATANABE, M. Brazilian soybean production: emergy analysis with an expanded scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, p. 323–334, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0270467605278367>

RÓTOLO, G. C.; RYDBERG, T.; LIEBLEIN, G.; FRANCIS, C. Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 119, p. 383–395, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.08.011>

SOSINSKI JUNIOR, E. E. **Avaliação da sustentabilidade de agroecossistemas com análise emergética**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 31 p. (Embrapa Clima Temperado.

Documentos, 431).

Anexo A

Tabela com os fluxos emergéticos calculados para as três bases físicas da Embrapa Clima Temperado

Tabela 1.

Estação Experimental Cascata						
Item	Contribuição	Unid.	Energia Produto		transformidade	1,00E+12
			Energia Produto (unid. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	Energia (sej ha ⁻¹ a ⁻¹ e ¹²)	%
Recursos renováveis, R – trabalho do ambiente						
1	Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2	Energia da chuva	J	6,92E+10	1,82E+04	1.258,71	42,26
3	Energia do vento	J	1,47E+10	2,45E+03	35,94	1,21
4	Água do solo, subterrânea	J	8,50E+07	2,99E+05	25,42	0,85
5	Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	11,55
6	Serviços ambientais – cultivos, matas e pastagens	\$	1,88E+02	3,70E+12	696,52	23,38
Soma R					2.360,70	79,25
Recursos não-renováveis, NR – desgaste do ambiente						
7	Erosão do solo agrícola	J	5,33E+08	7,38E+04	39,29	1,32
8	Erosão do solo pastoril	J	0,00E+00	7,38E+04	0,00	0,00
9	Erosão do solo áreas naturais	J	2,66E+06	7,38E+04	0,20	0,01
10	Perda de minerais do solo	kg	2,22E+00	7,73E+12	17,13	0,58
11	Perda de biodiversidade – áreas cultivadas	\$	5,80E+01	3,70E+12	214,61	7,20
Soma NR					271,23	9,11
Z	Soma (R + NR) – contribuição natureza				2.631,93	88,36

Continua...

Continuação Tabela 1.

Insumos, I – contribuição da economia (fluxo de materiais)						
12	Gasolina e lubrificantes	J	9,10E+07	1,11E+05	10,10	0,34
13	Sementes	J	6,53E+07	6,60E+04	4,31	0,14
14	Fertilizantes	kg	3,21E+01	3,90E+12	125,24	4,20
15	Uréia	kg	1,09E+01	3,80E+12	41,24	1,38
16	Calcário	kg	0,00E+00	1,00E+12	0,00	0,00
17	Agroquímicos	kg	1,07E-01	1,48E+13	1,59	0,05
18	Alimentação animal	\$	3,59E+00	3,70E+12	13,27	0,45
19	Cuidados animais	\$	1,10E+01	3,70E+12	40,81	1,37
20	Energia elétrica	J	9,77E+07	3,36E+05	32,82	1,10
21	Manutenção	\$	6,93E-01	3,70E+12	2,56	0,09
22	Depreciação de bens	\$	8,93E+00	3,70E+12	33,03	1,11
	Soma I				304,97	10,24
Serviços, S – (fluxo de serviços)						
23	Taxas e impostos	\$	3,04E+00	3,70E+12	11,23	0,38
24	Aluguéis, empréstimos	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
25	Juros	\$	1,34E+00	3,70E+12	4,97	0,17
26	Consumo de subsistência	\$	6,93E+00	3,70E+12	25,65	0,86
	Soma S				41,85	1,40
F	Soma (I + S) – contribuição economia humana					11,64
	Soma Y (Z + F)				2.978,75	100,00

Tabela 2.

Sede						
Item	Contribuição	Energia Produto				%
		Unid.	Energia Produto (unid. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	Energia (sej ha ⁻¹ a ⁻¹ e ⁺¹²)	
Recursos renováveis, R – trabalho do ambiente						
1	Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2	Energia da chuva	J	6,92E+10	1,82E+04	1.258,71	26,79
3	Energia do vento	J	1,47E+10	2,45E+03	35,94	0,76
4	Água do solo, subterrânea	J	0,00E+00	2,99E+05	0,00	0,00
5	Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	7,32
6	Serviços ambientais – cultivos, matas e pastagens	\$	1,87E+02	3,70E+12	691,41	14,71
	Soma R				2.330,18	49,59
Recursos não-renováveis, NR – desgaste do ambiente						
7	Erosão do solo agrícola	J	6,61E+08	7,38E+04	48,75	1,04
8	Erosão do solo sem uso	J	0,00E+00	7,38E+04	0,00	0,00
9	Erosão do solo áreas naturais	J	4,83E+07	7,38E+04	3,56	0,08
10	Perda de minerais do solo	Kg	4,41E+01	7,73E+12	341,00	7,26
11	Perda de biodiversidade – áreas cultivadas	\$	2,48E+02	3,70E+12	919,06	19,56
	Soma NR				1.312,38	27,93
Z	Soma (R + NR) – contribuição natureza				3.642,56	77,52

Continua...

Continuação Tabela 2.

Insumos, I – contribuição da economia (fluxo de materiais)						
12	Gasolina e lubrificantes	J	7,65E+07	1,11E+05	8,49	0,18
13	Sementes	J	5,34E+07	6,60E+04	3,52	0,07
14	Fertilizantes	Kg	1,52E+02	3,90E+12	594,43	12,65
15	Uréia	Kg	0,00E+00	3,80E+12	0,00	0,00
16	Calário	Kg	0,00E+00	1,00E+12	0,00	0,00
17	Agroquímicos	Kg	2,26E+01	1,48E+13	335,15	7,13
18	Alimentação animal	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
19	Cuidados animais	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
20	Energia elétrica	J	5,16E+07	3,36E+05	17,35	0,37
21	Manutenção	\$	5,82E-01	3,70E+12	2,15	0,05
22	Depreciação de bens	\$	6,16E+00	3,70E+12	22,80	0,49
Soma I					983,90	20,94
Serviços, S – (fluxo de serviços)						
23	Trabalhadores indiretos	\$	1,29E+01	3,70E+12	47,74	1,02
24	Taxas e impostos	\$	2,66E+00	3,70E+12	9,84	0,21
25	Aluguéis, empréstimos	\$	0,00E+00	3,70E+12	0,00	0,00
26	Juros	\$	3,66E+00	3,70E+12	13,52	0,29
27	Consumo de subsistência	\$	3,94E-01	3,70E+12	1,46	0,03
Soma S					72,56	1,54
F	Soma (I + S) – contribuição economia humana					22,48
Y (Soma Z + F)					4.699,02	100,00

Tabela 3.

Estação Terras Baixas						
Item	Contribuição	Energia Produto			transformidade	
		Unid.	Energia Produto (unid. ha ⁻¹ a ⁻¹)	Transformidade (sej unid. ⁻¹)	EMERGIA (sej ha ⁻¹ a ⁻¹ e ⁻¹²)	%
Recursos renováveis, R – trabalho do ambiente						
1	Radiação solar	J	1,16E+11	1,00E+00	0,12	0,00
2	Energia da chuva	J	6,92E+10	1,82E+04	1258,71	29,55
3	Energia do vento	J	1,47E+10	1,50E+03	21,95	0,52
4	Água do solo, subterrânea	J	8,73E+07	2,99E+05	26,11	0,61
5	Energia do centro da terra	J	1,00E+10	3,44E+04	344,00	8,08
6	Serviços ambientais – cultivos, matas e pastagens	\$	1,76E+02	3,70E+12	650,17	15,26
	Soma R				2301,05	54,02
Recursos não-renováveis, NR – desgaste do ambiente						
7	Erosão do solo agrícola	J	1,07E+09	7,38E+04	78,93	1,85
8	Erosão do solo pastoril	J	6,63E+08	7,38E+04	48,88	1,15
9	Erosão do solo áreas naturais	J	9,48E+06	7,38E+04	0,70	0,02
10	Perda de minerais do solo	kg	6,76E+00	7,73E+12	52,22	1,23
11	Perda de biodiversidade – áreas cultivadas	\$	2,66E+02	3,70E+12	985,68	124,46
	Soma NR				1166,42	27,38
Z	Soma (R + NR) – contribuição natureza				3467,47	81,41

Continua...

Continuação Tabela 3.

Insumos, I – contribuição da economia (fluxo de materiais)						
12	Gasolina e lubrificantes	J	1,73E+07	1,11E+05	1,93	0,05
13	Sementes	J	2,89E+08	6,60E+04	19,10	0,45
14	Fertilizantes	kg	9,61E+01	3,90E+12	374,94	8,80
15	Uréia	kg	7,12E+01	3,80E+12	270,63	6,35
16	Calcário	kg	9,26E+01	1,00E+12	92,60	2,17
17	Agroquímicos	kg	8,72E-01	1,48E+13	12,91	0,30
18	Alimentação animal	\$	2,54E+00	3,70E+12	9,42	0,22
19	Cuidados animais	\$	2,94E-01	3,70E+12	1,09	0,03
20	Energia elétrica	J	4,49E+06	3,36E+05	1,51	0,04
21	Manutenção	\$	1,32E-01	3,70E+12	0,49	0,01
22	Depreciação de bens	\$	7,04E-01	3,70E+12	2,60	0,06
Soma I					787,19	18,48
Serviços, S – (fluxo de serviços)						
23	Trabalhadores indiretos	\$	4,80E-01	3,70E+12	1,78	0,04
24	Taxas e impostos	\$	2,25E-01	3,70E+12	0,83	0,02
25	Aluguéis, empréstimos	\$	3,43E-01	3,70E+12	1,27	0,03
26	Juros	\$	1,42E-01	3,70E+12	0,53	0,01
27	Consumo de subsistência	\$	1,07E-01	3,70E+12	0,39	0,01
Soma S					4,80	0,11
F	Soma (I + S) – contribuição economia humana					791,99
Soma Y (Z + F)					4259,46	100,00



Clima Temperado