

Eficiência produtiva e energética de unidades familiares em transição agroecológica: um estudo de caso no Oeste de Santa Catarina, Brasil

Production and energy efficiency of family units in agroecological transition: a case study from the West of Santa Catarina, Brazil

Ana-Paula Neves¹
Leonardo Alberto Ríos-Osório²
Fernando Funes-Monzote³

Resumo

Este estudo avaliou o comportamento da eficiência produtiva e energética de unidades familiares em processo de transição agroecológica, no Estado de Santa Catarina - Brasil. O índice de eficiência produtiva foi calculado através do somatório dos indicadores de diversidade de produção, rendimento produtivo, quantidade de pessoas que os sistemas produtivos alimentam em energia e proteína. O índice de eficiência energética foi calculado através do somatório dos indicadores de balanço energético, custo energético para produção da proteína e da força de trabalho humano. Os índices de eficiência mostram heterogeneidade, sendo que das sete unidades duas demonstram baixo desempenho em ambas eficiências, produtiva e energética, três demonstram de média a alta eficiência produtiva porém baixa energética. Uma unidade demonstrou baixa eficiência produtiva, porém alta energética e, em apenas uma foi observada alta eficiência produtiva e energética. Em conclusão, as unidades estudadas demonstram estar em processo de transição agroecológica, porém necessitam tornarem-se funcionalmente mais eficientes para que avancem e por consequência sejam mais sustentáveis tanto produtiva quanto energeticamente.

Palavras-chave: agricultura familiar; produção de alimentos; produtividade; bioenergia.

Abstract

This study evaluated the behavior of the productive and energetic efficiency in family units in agro ecological transition, in the state of Santa Catarina - Brazil. The productive efficiency index was calculated by adding up the indicators of the production diversity, productive yield, number of people that the productive systems feed on energy and protein. The energetic efficiency index was calculated by adding up the indicators of the energy balance, energy cost for production of the protein, and the human workforce. The efficiency indexes show heterogeneity, from the seven units two of them showed low performance in both efficiencies, productive and energetic, three showed medium to high productive efficiency but low energetic. A unit showed low productive efficiency but high energetic, and in only one was

¹ Universidad de Antioquia – UdeA. anapaulalica@yahoo.com.br

² Universidad de Antioquia – UdeA. leonardo.rios@udea.edu.co

³ Sociedad Latino Americana de Agroecología – SOCLA. mgahonam@enet.cu

Artigo recebido em: 31/01/2018. Aceito para publicação em: 03/10/2018.

observed high productive and energetic efficiency. In conclusion, the units studied are in follow an agroecological transition process, however they need to become functionally more efficient to advance and consequently to be more sustainable productively as well as energetically.

Keywords: family farm; food production; productivity; bioenergy.

Introdução

No Brasil, de acordo com o Censo Agropecuário de 2006, existem 4.366.267 estabelecimentos de agricultores familiares - o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) caracteriza a agricultura familiar de acordo com a lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006 -, o que representa 84% do total de estabelecimentos agropecuários do país, porém estão em apenas 24% da área ocupada, com área média por unidade produtiva de 18,34 ha (IBGE, 2006). Apesar de a agricultura familiar ocupar menor área, ela representa o sistema agroalimentar do país, pois é responsável por garantir segurança alimentar, sendo importante fornecedora de alimentos para o mercado interno brasileiro. O Censo demonstrou que a agricultura familiar foi responsável por ocupar 74% da força de trabalho do espaço rural além de produzir grande parte dos alimentos consumidos no país.

No Estado de Santa Catarina existem 193.668 estabelecimentos agropecuários, dos quais 168.512 (87%) são de agricultores familiares e, na mesorregião Oeste Catarinense encontram-se 73.463 (90%) estabelecimentos da agricultura familiar, sendo que 47.701 (65%) possuem produção de leite de vaca (IBGE, 2006). A produção de leite, a partir da década de 90, passou a representar uma das principais alternativas produtiva e econômica aos agricultores da região, porém recentemente, tem revelado-se extremamente seletiva, quando exige grandes investimentos, alta escala de produção e grande uso de insumos externos, em geral derivados de petróleo, gerando limites e também promovendo exclusão.

No estado de Santa Catarina, de acordo com o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (Brasil, 2014a) existem aproximadamente 750

sistemas produtivos com, pelo menos, um produto agrícola certificado como orgânico. Nesta perspectiva existem, na região do Oeste Catarinense, famílias que estão em processo de construção de sistemas produtivos orientados à transição para a produção de alimentos agroecológicos. Sendo a Associação das Cooperativas e Associação de Produtores Rurais do Oeste Catarinense (Rede ASCOOPER) uma entidade que aglutina agricultores familiares na região, tendo como base de trabalho o enfoque agroecológico com atividades de formação, planejamento, produção, compras e vendas coletivas, agroindustrialização, certificação participativa e comercialização, além de projetos como “Banco de Germoplasma”, “Produção de Sementes Locais Crioulas” e “Produção Ecológica de Leite a Pasto”.

A Rede ASCOOPER definiu trabalhar em seus processos com o enfoque agroecológico buscando tanto a eficiência produtiva e energética quanto a autonomia das famílias associadas, em contrapartida existe a promoção dos “Orgânicos” por parte do governo, com orientação produtivista e mercadológica. A pressão governamental é forte, tanto que o projeto inicialmente “Produção Ecológica de Leite a Pasto” hoje se chama “Projeto Leite Orgânico”, uma mudança estratégica para acesso às políticas públicas, pois desde 2012, o Brasil possui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO (Brasil, 2012b).

A origem da agricultura orgânica esteve orientada à complexidade dos organismos vivos; no entanto, com o tempo houveram distorções em seu discurso e prática. O orgânico no “agro” converteu-se no que a Federação Internacional de Movimentos de Agricultura Orgânica denominou de “normas para a produção orgânica” (IFOAM, 2002). O que diferencia a produção agrícola convencional da orgânica, é que a primeira inclui o uso de produtos de base química industrial (IFOAM, 2002), e a segunda faz a substituição pelo uso de insumos de base orgânica. Em resumo, a produção orgânica pode ser considerada como um tipo de produção agrícola que vai desde as práticas agrícolas e uso de insumos orgânicos, até a certificação e

venda de produtos diferenciados para um nicho de mercado. De outra maneira, o processo agroecológico no Brasil surge com diferentes tipos de movimentos populares, com a base nas práticas agrícolas tradicionais, inicialmente a partir das críticas aos efeitos prejudiciais da modernização agrícola e, posteriormente, ao fortalecimento da agricultura familiar camponesa, da soberania alimentar e da autonomia; atualmente, sendo considerada também como uma ciência transdisciplinar (Wezel *et al.*, 2009).

Nesta perspectiva percebe-se a necessidade de informações sobre quão orientados à agroecologia ou aos orgânicos estão estes agricultores familiares associados à Rede ASCOOPER, levando em consideração a orientação do marco legal existente e, como afirma Schutter (2010), o contexto de crise ecológica, de alimentos e de energia que estamos vivenciando. Tanto a eficiência produtiva, quanto a energética são ferramentas que auxiliam na visibilidade do processo da transição agroecológica de maneira eficiente, com visão sistêmica.

Para Funes-Monzote *et al.* (2011) o objetivo dos sistemas biointensivos de agricultura, que buscam maximizar o uso de fontes renováveis de energia para aumentar a produtividade, deveriam alcançar uma alta produtividade equiparada a uma alta eficiência no uso da energia. Segundo o mesmo autor, em Cuba sistemas de produção agroecológicos, com forte integração de alimentos e energia, chegaram a apresentar balance energético com relação não menor de 11:1, ou seja, para cada 11MJ produzidos se utiliza apenas 1MJ. Funes-Monzote *et al.* (2011) afirma que estes sistemas que alcançam altas eficiências no uso da energia podem, ao mesmo tempo, alcançar altos índices de produtividade em relação a quantidade de pessoas que alimenta por hectare por ano, em média de 15 a 25 pessoas em energia e proteína, respectivamente.

A agroecologia emerge como um caminho sólido em direção a altos níveis de integração e reciclagem de nutrientes e energia que garantem melhores comportamentos produtivos e energéticos a partir de uma

agricultura ecologicamente intensiva (Tittonell, 2014), porém ainda é necessário o desenvolvimento e a validação de metodologias capazes de analisar a heterogeneidade e a multifuncionalidade dos sistemas produtivos familiares. Por tanto este estudo objetivou avaliar o comportamento da eficiência produtiva e energética de sistemas produtivos em unidades familiares em processo de transição agroecológica, associados à Rede ASCOOPER, no Estado de Santa Catarina, Brasil.

Material e Métodos

Tipo de estudo

Neste estudo foi utilizado o enfoque de sistemas para buscar compreender como funciona a dinâmica produtiva e energética de sistemas produtivos em unidades familiares. Para tanto, foram combinados instrumentos qualitativos e quantitativos em um método misto desenhado por Sampieri *et al.* (2010) para realizar uma pesquisa descritiva transversal.

Descrição do local de estudo

Este estudo foi realizado no Sul do Brasil, no estado de Santa Catarina, na mesorregião geográfica do Oeste Catarinense, microrregião de Chapecó, na zona rural dos municípios de Quilombo (Lat.26°:43':33"(S); Long.52°:43':15"(W); Alt.425m), Formosa do Sul (Lat.26°:38':49"(S); Long.52°:47':38"(W); Alt.500m), Novo Horizonte (Lat.26°:26':38"(S); Long.52°:50':02"(W); Alt.710m) e São Lourenço do Oeste (Lat.26°:21':33"(S); Long.52°:51':04"(W); Alt.893).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger o clima do Oeste Catarinense é mesotérmico úmido (sem estação seca) do tipo Cfa, ou seja, subtropical (quente e úmido) com chuvas bem distribuídas no verão. Região com Cambissolo e Latossolo de característica argilosa (IBGE, 2001).

Definição da população de estudo

Para esta pesquisa trabalhou-se com agricultores familiares ligados a Associação das Cooperativas e Associação de Produtores Rurais do Oeste Catarinense (Rede ASCOOPER), uma central de cooperativas fundada em 2002 que trabalhou em 2013, com aproximadamente 3.394 associados vinculados a 23 cooperativas com abrangência em 43 municípios no Oeste Catarinense (ASCOOPER, 2013).

Foi realizado o estudo nos produtores de leite da Rede ASCOOPER, priorizando as famílias que estavam ativas em 2013 no processo de transição para a produção agroecológica de leite, considerando como sendo um processo e uma atividade com potencial de oferecer condições para a maior sustentabilidade socioecológica na região, além de uma unidade familiar com sistema produtivo convencional com produção leiteira como atividade principal.

Seleção da amostra

As famílias selecionadas estavam ativas na produção ecológica de leite de vaca em 2013 e cumpriram com os seguintes critérios de inclusão: estar no cadastro como produtor orgânico do Núcleo Noroeste Catarinense de Agroecologia (RedeEcovida, 2013), e estar no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013). Foram incluídas 24 famílias, das quais foram excluídas cinco porque não apresentavam o leite como produto orgânico nos cadastros. Logo, 30% dessas famílias foram selecionadas por sorteio para conformar a amostra.

Unidade de análise

De acordo com a população, os critérios de inclusão e os de exclusão foram selecionadas como unidades de análise seis unidades familiares em processo de transição agroecológica localizados nos municípios de Quilombo

(2), Novo Horizonte (3) e Formosa do Sul (1), além da seleção aleatória de uma unidade familiar com sistema produtivo convencional localizado em São Lourenço do Oeste (1) (Tabela 1). As famílias estão identificadas com a letra “F” adicionada das iniciais de seu primeiro sobrenome.

Tabela 1. Unidades familiares selecionados como unidades de análise, no Estado de Santa Catarina/Brasil, avaliadas durante o ano de 2013.

Estado	Município	Unidade familiar	Área total (ha)	Área produtiva (ha) ²
Santa Catarina	Formosa do Sul	1. FGr	13,5	12,6
		2. FFo	20,4	15,4
	Quilombo	3. FCo	4,3	3,5
		4. FGh	46,0	34,6
	Novo Horizonte	5. FPi	24,0	17,3
		6. FMe	19,3	15,7
	São Lourenço do Oeste	7. FDa ¹	67	48

¹ Unidade familiar com sistema produtivo convencional. ² A área produtiva dos sistemas foi calculada a partir do somatório das áreas com produção vegetal, excluindo a silvicultura, com as áreas de produção animal. Neste estudo a área produtiva é utilizada como área de referência para os cálculos de eficiência energética e produtiva.

Org. dos autores.

Instrumentos Quantitativos

- Índice de Shannon adaptado: análise e determinação da diversidade produtiva de acordo com a adaptação do índice de Shannon por Funes-Monzote *et al.* (2011), utilizando os dados de produção total de cada produto agrícola ou pecuário e a produção total do sistema.

- Software livre “energia 3.01”: análise e caracterização do balanço energético de acordo com Funes-Monzote *et al.* (2008) através de dados chamados pelo autor de codificadores, como as listas dos sistemas produtivos, lista de insumos, lista de produtos e requerimento nutricional humano.

Instrumentos Qualitativos

Para o levantamento de dados primários foram utilizadas ferramentas como grupo de enfoque e entrevistas semiestruturadas para a coleta de informação sobre o manejo dos sistemas produtivos (entradas e saídas de energia), questionário sócio-demográfico para a coleta de informação sobre a estrutura familiar, a idade, o gênero, a escolaridade e questões sobre o tamanho dos sistemas produtivos e o início do processo agroecológico; além do levantamento de dados secundários institucionais junto à base documental da Rede ASCOOPER.

Análise dos dados

O estudo é referente aos dados produtivos do ano de 2013 e levaram-se em consideração os seguintes indicadores de eficiência produtiva e energética, para posterior cálculo dos índices de eficiências produtiva (IEP) e energética (IEE):

Indicadores de Eficiência Produtiva:

- Diversidade da produção (Hs):

Fórmula:

$$Hs = -\sum_{i=1}^S \frac{p_i}{P} * \ln\left(\frac{p_i}{P}\right)$$

Onde: S = número de produtos; p_i = produção de cada produto; P = produção total.

- Rendimento produtivo (Rp): rendimento da produção agrícola por hectare de terreno (t/ha).

Fórmula:

$$Rp = \frac{P * f}{1000 A}$$

Onde: P = produção do produto, em sua unidade de medida; f = fator de conversão para kg; A = área do sistema produtivo (ha).

- Quantidade de pessoas que o sistema alimenta em energia (Pe): produtividade do sistema em relação à quantidade de energia produzida (MJ/ha) e portanto calcula-se a quantidade de pessoas que o sistema alimenta em energia (pessoas/ha), de acordo com o requerimento nutricional energético médio de um brasileiro por ano.

Fórmula:

$$Pe = \frac{\sum_{i=1}^S \left(\frac{m_i * \left(\frac{r_i}{100} \right) * e_i}{A} \right)}{R_e}$$

Onde: S = número de produtos; m_i = produção de cada produto (kg); r_i = porcentagem do peso do produto consumido; e_i = conteúdo energético de cada produto (MJ); A = área produtiva do sistema (ha); R_e = requerimento energético anual de um brasileiro (MJ/ano).

- Quantidade de pessoas que o sistema alimenta em proteína (Pp): produtividade do sistema em relação à quantidade de proteína produzida (kg/ha) e portanto calcula-se a quantidade de pessoas que o sistema alimenta em proteína (pessoas/ha), de acordo com o requerimento nutricional proteico média de um brasileiro por ano.

Fórmula:

$$Pp = \frac{\sum_{i=1}^S \left(\frac{m_i * \left(\frac{r_i}{100} \right) * \left(\frac{p_i}{100} \right)}{A} \right)}{R_p}$$

Onde: S = número de produtos; m_i = produção de cada produto (kg); r_i = porcentagem do peso do produto consumido; p_i = conteúdo proteico de cada produto (g/100g); A = área produtiva do sistema (ha); R_p = requerimento proteico anual de um brasileiro (kg/ano).

Indicadores de Eficiência Energética:

- Balanço energético (BE): custo energético para produzir a energia alimentar anual.

Fórmula:

$$BE = \frac{\sum_{i=1}^S m_i * e_i}{\sum_{j=1}^T I_j * f_j}$$

Onde: S = número de produtos; m = produção de cada produto (kg); e = conteúdo energético de cada produto (MJ/kg); T = número de insumos produtivos; I = quantidade de insumos produtivos (kg); f = energia requerida para a produção do insumo (MJ/kg).

- Custo energético da produção de proteína (CEP): custo energético para produzir a proteína alimentar anual (MJ/kg)

Fórmula:

$$CEP = \frac{\sum_{j=1}^T I_j * f_j}{\sum_{i=1}^S m_i * \left(\frac{p_i}{100}\right)}$$

Onde: T = número de insumos produtivos; I = quantidade de insumos produtivos (kg); f = energia requerida para a produção do insumo (MJ/kg); S = número de produtos; m = produção de cada produto (kg); p_i = conteúdo proteico de cada produto (%).

- Custo energético da força de trabalho humano (CET): custo energético da força de trabalho humano na produção agrícola por hectare de área produtiva (MJ/ha).

Fórmula:

$$CET = \frac{ht * f_t}{A}$$

Onde: ht = horas de trabalho humano (h); f_t = energia requerida para a hora de trabalho humano (MJ/h); A = área produtiva do sistema (ha).

As quantidades de energia e proteína dos produtos de origem animal e vegetal, utilizados nos cálculos são das tabelas de composição nutricional

dos alimentos consumidos no Brasil retirados da Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2008/2009 (IBGE, 2011).

O valor de consumo diário de energia utilizado é recomendado pelo Guia Alimentar para a População Brasileira, o qual contém as primeiras diretrizes alimentares oficiais para o Brasil. As recomendações deste guia são baseadas em um consumo energético médio da população brasileira de 2.000 calorias diárias (Brasil, 2008).

Os valores de consumo diário de proteína de origem animal e vegetal utilizados são os citados pela Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2002/2003 – como os valores consumidos pelos brasileiros. A participação da proteína na disponibilidade alimentar domiciliar dos brasileiros é de aproximadamente 13% das calorias totais, sendo destas aproximadamente 55% de origem animal e 45% vegetal, valores adequados nutricionalmente de acordo com a POF 2002-2003 (IBGE, 2004).

A energia empregada nos processos de produção agropecuária pode ser direta (biológica, fóssil e hidroelétrica) e indireta (construções, máquinas e equipamentos rurais), neste estudo foi considerada para o cálculo de insumos, somente a energia direta. As equivalentes energéticas utilizadas para calcular os gastos em insumos foram levantadas em Mega Joule (MJ) por unidade de insumo. Para os trabalhos humano (1,0463 MJ/h) e animal (5,8597 MJ/h) empregados nos sistemas produtivos utilizou-se a base de dados do Software Energia 3.01 (Funes-Monzote *et al.*, 2008), assim como para as sementes hortícolas (0,7115 MJ/kg), mudas hortícolas (1,1 MJ/kg), biofertilizantes (1,2556 MJ/kg) e alimento concentrado para bovinos (14,2307 MJ/kg). Para a energia elétrica (3,6 MJ/kWh) e para os combustíveis como gasolina (32,24 MJ/l) e diesel (35,5 MJ/l) foram utilizados os dados do Balanço Energético Nacional (Brasil, 2014b). Os agroquímicos são considerados energia fóssil, as equivalentes energéticas referentes aos fertilizantes com base N (87,87 MJ/kg), P (26,35 MJ/kg), K (10 MJ/kg) são as referenciadas por Pimentel *et al.* (1990) assim como as equivalentes para

herbicidas (418,4 MJ/kg), inseticidas (418,4 MJ/kg) e calcário (1,31 MJ/kg). Para a uréia (67 MJ/kg) a base referencial foi a EMBRAPA (2008) a qual também foi referência para a torta de soja (16,72 MJ/kg). Para o adubo a base de cama de aviário (19,25 MJ/kg) utilizou-se o valor citado por Marozzi *et al.* (2004) e para o fertilizante a base de pó de rocha natural (6,96 MJ/kg) incorporou-se o valor utilizado por Assenheimer *et al.* (2009). Optou-se por uniformizar o valor para as sementes de gramíneas forrageiras como a *Avena Sativa*, *Avena Strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Sorghum sudanense* e *Sorghum bicolor* (17,187 MJ/kg) utilizando dados de Pimentel (1980), o qual foi referência também para os valores do farelo de soja (31,731 MJ/kg) e do farelo de trigo (12,56 MJ/kg). Para o farelo de milho (33,3 MJ/kg) e o milho em grão (33,3 MJ/kg) foram utilizados os valores citados por EMBRAPA (2007) assim como para o núcleo mineral concentrado (1,09 MJ/kg) e para o sal para bovinos (1,09 MJ/kg). Apesar de que as vacinas e medicamentos de uso veterinários sejam insumos diretos de origem fóssil, optou-se por não os incluir neste estudo devido a falta do real custo energético para cada produto veterinário, na bibliografia consultada, além de que estes produtos possuem pequena contribuição no balanço energético, já que seu uso se demonstrou reduzido nas unidades familiares estudadas.

Para o cálculo dos índices de eficiência produtiva (IEP) e energética (IEE) foi adaptada a metodologia de Funes-Monzote *et al.* (2011). Foi ponderado o melhor comportamento alcançado para cada indicador entre todos os sistemas para após transformação em porcentagem, considerando que se o melhor valor do indicador for o maior número, o mesmo foi expresso como porcentagem do valor máximo calculado ($\% = \text{valor}/\text{valor máximo} \times 100$). Se o melhor valor do indicador for o menor número calculado, como ocorreu com os indicadores de custos energéticos da força de trabalho e da produção de proteína, o mesmo foi expresso como o inverso da porcentagem do menor valor ($\% = 1/(\text{valor}/\text{valor mínimo}) \times 100$).

Os indicadores de eficiência produtiva (Hs+Rp+Pe+Pp) e energética (BE+CEP+CET) foram somados para serem calculados os índices de eficiência produtiva (IEP) e energética (IEE), respectivamente. Para finalizar foi realizada nova ponderação a partir do melhor comportamento de cada índice entre todos os sistemas.

Aspectos éticos

A pesquisa seguiu as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, através do uso de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, requisito ético exigido pela Resolução Brasileira Nº 466, de 12 de dezembro de 2012 (Brasil, 2012a).

Resultados e discussão

Já nos anos 70 Gerald Leach (1976) fez um estudo que buscou examinar a relação crucial e mútua entre alimentos e a crise energética, pois a produção de alimentos, desde o sistema produtivo até chegar ao consumidor, pode chegar a um processo assombroso de uso intensivo de energia. Os estudos de Leach (1976) deram uma ideia real do consumo energético para a produção de alimentos na época, dados estes necessários para auxiliar no planejamento de estratégias referentes a eficiência na produção de cada alimento frente as consequências do consumo intensivo de energias biológica, fóssil e hidroelétrica. Neste estudo a proposta não buscou avaliar a energia empregada na cadeia produtiva de determinados alimentos, mas sim avaliar a eficiência de sistemas produtivos em unidades familiares.

A informação sócio-demográfica evidenciou que aproximadamente 65% da amostra é conformada por adultos com mais de 30 anos, 8% são jovens entre 15 e 20 anos, e 27% são crianças até 10 anos. Mostrou também que 50% das famílias são nucleadas e a outra metade são extensas, com a

presença dos avós. Os dados indicam que a média em relação a quantidade de pessoas que conformam as famílias é de 4 pessoas com idade média de 34 anos; além disso, a conformação é equitativa em proporção de gênero (50% feminino e 50% masculino). Os dados sobre a escolaridade indicaram que apenas 23% dos adultos terminaram os ensino básico; porém, todas as crianças em idade escolar estavam em processo normal de aprendizagem escolar. Como resultado geral encontrou-se que existe um déficit no processo formativo dos adultos e que a escolarização diminui a medida que se avança os níveis educativos.

O processo agroecológico em cada unidade iniciou em diferentes momentos e por diferentes motivações; no entanto, existiu, predominantemente, um discurso sobre a construção de consciência socioambiental e a melhoria da saúde. Para a continuidade da análise das unidades familiares e seus sistemas produtivos, foram identificados e analisados os valores de cada indicador, para posteriormente calcular os índices de eficiência produtiva e energética, buscando uma análise mais integradora que compreenda o comportamento de cada sistema estudado. A tabela 2 demonstra os resultados da avaliação dos sete indicadores levantados e seus respectivos índices, nos sete sistemas estudados.

No estudo de Funes-Monzote *et al.* (2009) foi encontrado que os sistemas com menor área estão entre os que possuem a maior diversidade produtiva e rendimento produtivo, porém também maior intensidade de trabalho. O menor sistema, da FCo, foi o que demonstrou uma das melhores diversidade e rendimento produtivo, porém diferentemente de Funes-Monzote *et al.* (2009) não foi o sistema com maior índice de eficiência energética. Apesar de ser a família que iniciou há mais tempo no processo agroecológico, apresentou o maior uso de força de trabalho por hectare de área produtiva em um sistema predominantemente hortícola que não chegou à um ponto de equilíbrio da flora e fauna para desenvolver uma biodiversidade funcional que exija menos intervenções humanas e, portanto,

menos horas de trabalho. Mas, também é importante levar em consideração que é uma característica intrínseca da produção de hortaliças, em comparação com a pecuária, a maior demanda de horas trabalhadas.

Tabela 2. Resultados dos indicadores e índices de eficiência avaliados em sistemas produtivos de unidades familiares, no Estado de Santa Catarina/Brasil, com dados produtivos referentes a 2013.

Unidade familiar	Área produtiva ha	Indicadores de eficiência produtiva ² (IEP)				Indicadores de eficiência energética ³ (IEE)			IEP ⁴	IEE ⁵
		Hs	Rp t/ha	Pe p/ha	Pp p/ha	BE	CEP MJ/kg	CET MJ/ha		
1. FGGr	12,6	1,4	22,0	36,2	80,6	1,2	46,8	498,2	89,5	23,0
2. FFO	15,4	1,7	8,5	18,1	22,4	2,0	51,8	468,1	47,5	26,9
3. FCO	3,5	2,4	19,0	11,6	17,5	<i>0,4</i>	<i>190,7</i>	<i>2093,5</i>	60,0	<i>6,3</i>
4. FGh	34,6	<i>1,3</i>	5,0	9,7	<i>14,5</i>	6,3	13,6	132,5	<i>30,1</i>	92,8
5. FPI	17,3	1,5	12,0	20,6	34,7	1,7	45,9	553,0	54,7	24,5
6. FMe	15,7	1,4	12,8	13,8	49,6	3,4	10,6	389,2	54,1	62,5
7. FDa ¹	48	1,4	<i>4,3</i>	<i>9,3</i>	18,4	0,8	76,5	159,9	31,6	36,7

¹ Unidade familiar com sistema produtivo convencional. ² Hs: diversidade de produção; Rp: rendimento produtivo; Pe: quantidade de pessoas que o sistema alimenta em energia; Pp: quantidade de pessoas que o sistema alimenta em proteína. ³ BE: balanço energético; CEP: custo energético da produção de proteína; CET: custo energético da força de trabalho humano. ⁴ Índice de eficiência produtiva. ⁵ Índice de eficiência energética. Nota: os valores em negrito correspondem aos melhores valores para cada indicador e os valores em itálico os piores.

Org. dos autores.

O maior rendimento produtivo foi do sistema com a penúltima colocação em relação a diversidade de produção, o sistema da FGGr, o qual demonstrou o maior potencial em alimentar pessoas, com capacidade de alimentar aproximadamente 36 pessoas por ano por hectare em relação as necessidades energéticas e 80 pessoas por ano por hectare em relação as

necessidades proteicas, ocasionando o maior índice de eficiência produtiva. Foi observado neste trabalho, assim como Funes-Monzote *et al.* (2011), que uma maior diversidade de produção não necessariamente repercute em um maior rendimento produtivo, ainda que esse seja um componente importante para a eficiência. Dados importantes para reforçar a importância de uma (bio)diversidade que seja funcional.

O sistema da FGh, composto basicamente por pecuária e com a mais baixa diversidade produtiva, demonstrou o segundo mais baixo rendimento produtivo e mais baixa produtividade energética e proteica, representadas aqui pelos seus respectivos números de pessoas que o sistema alimenta por hectare. No entanto, este mesmo sistema demonstrou o mais alto balanço energético, com relação média de 6, ou seja, para cada 6 MJ produzidos se utiliza apenas 1 MJ e, o segundo melhor custo energético da produção de proteína, para cada kg de proteína produzida se utiliza 13 MJ e, o menor custo energético da força de trabalho. Observou-se alto balanço energético devido a grande extensão de terra produtiva (34,6 ha), a baixa importação de insumos externos ao sistema produtivo e a baixa força de trabalho empregada por hectare. Portanto, o sistema da FGh obteve o maior índice de eficiência energética que foi de 92; e o menor índice de eficiência produtiva que foi de 30. Este último podendo ser melhorado através da diversificação funcional por meio de um desenho integrado dos sistemas produtivos. Além de que, como propõem Tiftonell (2014), é necessário levar em consideração a intensificação ecológica através do uso inteligente das funções naturais que os ecossistemas oferecem para que se possa desenhar sistemas produtivos multifuncionais e poder produzir alimentos, fibras, energia e serviços ecológicos de uma maneira mais sustentável.

Por outro lado, o sistema da FCo com a maior diversidade de produção e o segundo maior rendimento, foi o sistema que demonstrou o mais alto custo energético da produção de proteína e o pior balanço energético, sendo este último negativo devido aos mais altos custos energéticos de produção. É

importante ressaltar que não são elevados os valores referentes a quantidade de pessoas que o sistema da FCo alimenta em energia e proteínas por hectare porque grande parte da atividade produtiva é composta por hortifruticultura, a qual aporta pouco ao balanço energético, pois produz baixos valores de energia e proteína. Além de que, como já mencionado, o sistema desta família é o que inverteu maior número de horas de trabalho humano, ocasionando, portanto altíssimo custo energético da força de trabalho por hectare de área produtiva, colaborando para o mais baixo índice de eficiência energética. Ao final o sistema da FCo obteve o segundo maior índice de eficiência produtiva que foi de 59, porém o menor índice de eficiência energética, que foi de 6.

Funes-Monzote *et al.* (2009) demonstraram que sistemas com produção diversificada, com maior biodiversidade, foram mais produtivos e mais eficientes em termos de energia em relação a sistemas especializados, porém afirmaram que a análise de eficiência depende do tempo de processo de transição agroecológica, proporção de terras dedicadas aos cultivos anuais e tamanho dos sistemas.

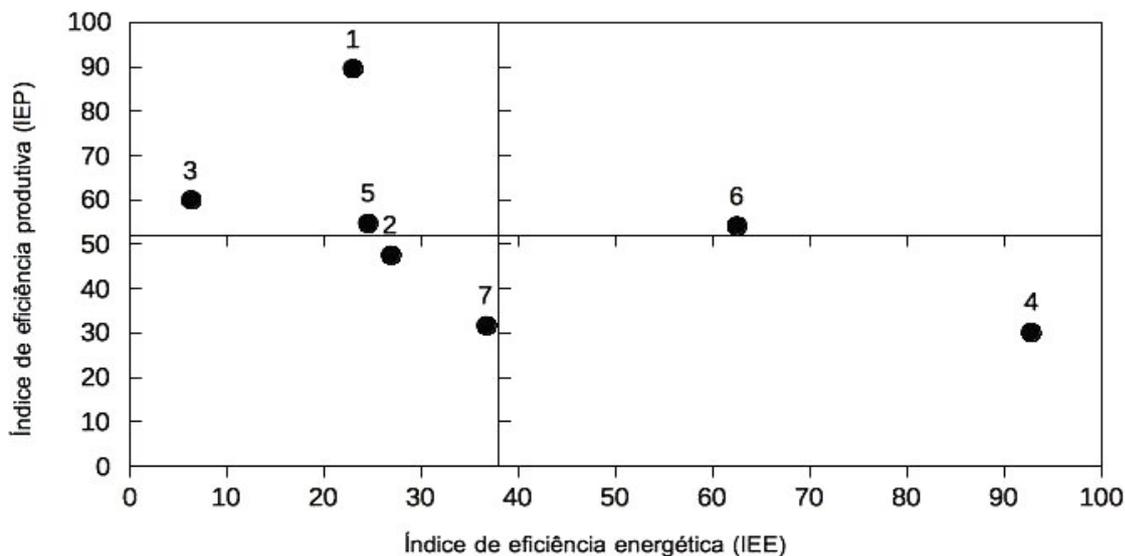
Neste estudo foi observado que a diversidade dos sistemas, em si mesma, não tem a capacidade de aumentar a produtividade. O sistema da FMe obteve o menor custo energético para a produção de proteína, que foi de 10 MJ para cada kg de proteína produzida e, o segundo melhor balanço energético. Os seis sistemas com produção de leite ecológico manejam os bovinos a base de pasto utilizando a tecnologia do Pastoreio Racional Voisin (PRV). No entanto, a FMe destaca-se em relação ao exemplar manejo racional e ecológico dos pastos e animais o que ratifica Pinheiro-Machado (2013) de que o PRV é uma forma moderna e eficiente de produção animal que busca maximizar a captação de energia solar, melhorar a fertilidade do solo, proteger o ambiente, respeitar o bem-estar animal utilizando piquetes para pastoreio, assim como obter um balanço energético positivo e favorável relação custo/benefício. Esta família, ao adequar e dominar conhecimentos e

técnicas para a sua realidade, desenvolveu um processo de apropriação local para a construção do conhecimento baseado na experimentação e inovação. Contudo, das sete unidades avaliadas, a FMe ficou em terceira colocação para o rendimento produtivo e em quarta colocação para a diversidade da produção. Certamente no caso desta família um redesenho do sistema produtivo a partir do conceito de biodiversidade funcional auxiliaria no processo de transição agroecológica levando em consideração os princípios ecológicos de Reijntjes *et al.* (1992), buscando manter e/ou melhorar a eficiência energética e aumentar a eficiência produtiva.

Os indicadores de eficiência produtiva ($Hs+Rp+Pe+Pp$) e energética ($BE+CEP+CET$) foram somados para serem calculados os índices de eficiência produtiva (IEP) e energética (IEE), respectivamente. Os índices foram relacionados para auxiliar no processo de análise da dinâmica produtiva e energética das unidades em estudo (Figura 1).

O objetivo dos sistemas agrícolas biointensivos é alcançar alta produtividade com alta eficiência no uso da energia, maximizando o uso de fontes de energia renováveis buscando incremento da produtividade (Funes-Monzote *et al.*, 2011). O sistema da FMe apresenta o melhor equilíbrio entre os índices de eficiência produtiva e energética, o que se observa na figura 1, pois este sistema está localizado no quadrante superior direito do gráfico o que representa que entre todos os sistemas analisados, a FMe está em melhor situação quando se refere a eficiência de sistemas produtivos. A prática ecológica desta família tornou-se referência na região, no entanto é importante ressaltar a baixa autonomia econômica desta família em relação à grande fragilidade frente as oscilações dos mercados ao desenvolver exclusivamente a atividade leiteira.

Figura 1. Relação do índice de eficiência produtiva (IEP) com o índice de eficiência energética (IEE) avaliados em sete unidades familiares, no Estado de Santa Catarina/Brasil, com dados produtivos referentes a 2013.



Org. dos autores.

A figura 1 demonstra a relação entre os índices de eficiência produtiva e energética nos sistemas avaliados, sendo que os sistemas das FGr (1) com início no processo agroecológico em 2007, FCo (3) com início em 1995 e FPi (5) com início em 2000 estão localizados no quadrante superior esquerdo o que representa que são os sistemas com maior eficiência produtiva, porém com menor eficiência energética. Os sistemas das FFo (2) com início no processo agroecológica em 2006 e FDa (7) com manejo convencional apresentam ambas eficiências, produtiva e energética, baixas. O sistema da FGh (4) com início em 2004 foi o sistema com maior eficiência energética, porém com a menor produtiva. E por fim, como já analisado, a FMe, com início no processo agroecológico em 2009, possui o sistema mais eficiente, tanto produtiva quanto energeticamente, dentro dos sistemas estudados. Situação almejada, mas não suficiente, nos processos agroecológicos. Isso porque uma Unidade Familiar tende a ser agroecológica quando os sujeitos envolvidos diretamente baseiam-se na autonomia e em estratégia

diversificadas de reprodução social e ecológica para reconhecer perturbações, resistir e reorganizar-se de maneira adaptativa com o objetivo de resolver problemas de insustentabilidade (Neves *et al.*, 2016).

A unidade da FDa, com sistemas produtivos manejados de maneira convencional, é a unidade com a maior área produtiva (48 ha). Dedicada à pecuária e ao cultivo de grãos apresentou a segunda mais baixa diversidade de produção, o menor rendimento produtivo com aproximadamente 4 toneladas por hectare por ano, alimentando 9 pessoas em necessidade energética por hectare por ano, e 18 pessoas em necessidade proteica por hectare por ano. Valores estes que derivaram um baixo índice de eficiência produtiva, de 31. Para o cálculo do índice de eficiência energética, que foi de 36, foram levados em consideração os indicadores de balanço energético, que neste caso foi negativo e, o custo energético da produção de proteína que foi o segundo mais alto e da força de trabalho, que foi o segundo mais baixo. É importante relatar que tanto a área total como a área produtiva da unidade da FDa são maiores que a média das outras unidades analisadas, ocasionando baixa intensidade de força de trabalho anual por hectare, sendo um sistema produtivo com grande área utilizada para a pecuária de leite e de carne com intensa deterioração de solos, além de áreas de cultivo convencional de milho e soja transgênicos com uso de maquinário. Portanto, como esta unidade não iniciou um processo de transição agroecológica, o aproveitamento da capacidade de produção e reciclagem de biomassa, os nutrientes e a energia ainda são baixos devido ao seu modelo produtivo especializado e dependente de insumos externos.

Conclusões

A avaliação da eficiência produtiva conjuntamente com a energética é importante nestes dias de crise energética que vivemos pois é uma ferramenta que auxilia, de maneira sistêmica, na análise do comportamento

dos sistemas produtivos. Neste estudo, os índices de eficiência mostraram heterogeneidade entre os sistemas produtivos. Porém, mesmo estando em diferentes níveis no processo de transição agroecológica, conclui-se que todos os sistemas estudados necessitam tornar-se funcionalmente mais eficientes para então avançarem neste processo e por consequência serem mais sustentáveis tanto produtiva quanto energeticamente.

Para surpresa, as duas famílias com início mais antigo no processo agroecológico – FCo e FPi – demonstraram eficiência aquém do esperado. Foi observado uma limitação em relação a capacitação técnica e o saber fazer das práticas ecológicas. Além de que, as dificuldades encontradas durante o longo tempo de resistência destas famílias e a falta de apoio podem ter dificultado a continuidade da produção de novidades tecnológicas para um apropriado manejo ecológico e um incremento na eficiência. Já a FMe, com início mais recente no processo agroecológico, demonstrou maior capacidade de experimentação e inovação para o manejo ecológico e o uso de tecnologias apropriadas localmente o que repercutiu na melhor eficiência de seus sistemas produtivos.

Sugere-se a implantação de tecnologias apropriadas à pequena escala e o redesenho dos sistemas baseado em princípios ecológicos, na integração e na biodiversidade funcional, para que as unidades familiares avancem no processo de transição agroecológica, gerando por consequência maior eficiência tanto produtiva quanto energética, assim estes resultados poderiam ser referência para estudos longitudinais de eficiência produtiva e energética no futuro.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores

expressam agradecimento a Rede ASCOOPER e em especial às famílias agricultoras associadas.

Referências

- ASSENHEIMER, A. *et al.* Análise energética de sistemas de produção de soja convencional e orgânica. **Ambiência**, v. 5, n. 3, p.443-455, 2009.
- ASCOOPER – Associação das Cooperativas e Associação de Produtores Rurais do Oeste Catarinense. **Cadastro de cooperativas e produtores rurais associados**. ASCOOPER: Formosa do Sul, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. MAPA: Brasília, 2014a.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2014: ano base 2013**. Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro, 2014b, 288p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Ministério da Saúde: Brasília, 2008, 210p.
- BRASIL. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Resolve aprovar as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Diário Oficial da União: Brasília, 13 de junho 2012. 2012a.
- BRASIL. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. **Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO, e dá outras providências**. Diário Oficial da União: Brasília, 21 de agosto 2012. 2012b.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil**. Circular técnica 25. EMBRAPA Agrobiologia: Seropédica, 2008, 6p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Balanco energético de um sistema integrado lavoura-pecuária no Cerrado**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 26. EMBRAPA Agrobiologia: Seropédica, 2007, 32p.
- FUNES-MONZOTE, F. R. *et al.* **Software Energia: balance energético de agroecosistemas (versión 3.01)**. Cuba, 2008.
- FUNES-MONZOTE, F. R. *et al.* Agro-ecological indicators (AEIs) for dairy and mixed farming systems classification: Identifying alternatives for the Cuban livestock sector. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 33, p.435-460, 2009. <https://doi.org/10.1080/10440040902835118>
- FUNES-MONZOTE, F. R. *et al.* Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. **Pastos y Forrajes**, v. 34, n. 4, p.445-462, 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de solos do Brasil**. 2001. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/brasil/solos.pdf> Acesso em: 02 fev. 2015.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ca/default.asp>>. Acesso em: 01 fev. 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**: tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil. Diretoria de Pesquisa e Coordenação de Trabalho e Rendimento: Rio de Janeiro, 2011, 351p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003**: análise da disponibilidade domiciliar e estado nutricional no Brasil. Diretoria de Pesquisa e Coordenação de Índices de Preços: Rio de Janeiro, 2004, 76p.
- IFOAM – International Federation of Organic Agriculture Movements. **Training manual for organic agriculture in the tropics** [Manual de capacitación en agricultura orgánica para los trópicos]. Germany: IFOAM, 2002.
- LEACH, G. **Energía y producción de alimentos**. Servicios de publicación agraria, 1976, 212p.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadastro Nacional dos Produtores Orgânicos**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/cadastronacional>>. Acesso em: 01 jan. 2013.
- MAROZZI, M. *et al.* Análisis comparativo de dos fincas productoras de café orgánico utilizando los métodos del balance energético y agroeconómico. **Economía y Sociedad**, v. 24, p.97-118, 2004.
- NEVES, A. P.; RÍOS-OSÓRIO, L. A. Modelo teórico para la comprensión de la dinámica socioecológica en unidades familiares agroecológicas. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 19, p.285-294, 2016.
- PIMENTEL, D. *et al.* Technological Changes in Energy Use in U.S. Agricultural Production. In: **AGROECOLOGY: researching the ecological basis for sustainable agriculture** (Ed. Gliessman, S.R.) California, Cap.18, p.304-321, 1990. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0>
- PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. CRC Press: Boca Raton, USA, 1980, 475p.
- PINHEIRO-MACHADO, L. C. **Pastoreio Racional Voisin**: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2013.
- RedeEcovida – Rede Ecovida de Agroecologia. **Documento de aprovação ou de renovação da conformidade Orgânica**. Formosa do Sul: Núcleo Noroeste Catarinense de Agroecologia, 2013.
- REIJNTJES, C. *et al.* **Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture**. Leusden: Macmillan, 1992, 250p.
- SAMPIERI, R. H. *et al.* **Metodología de la Investigación**. 5. ed. Perú: McGraw-Hill interamericana editores S.A., 2010, 613p.
- SCHUTTER, O. De. **Report submitted by the Special Rapporteur on the right of food**. Paper presented in the Sixteenth Session General Assembly of the United Nations of the Human Rights Council. United Nations. A/HRC/16/49. 2010.

- TITTONELL, P. Ecological intensification of agriculture - sustainable by nature. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 8, p.53-61, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006>
- WEZEL, A. *et al.* Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, p.503-515, 2009. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>