

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOELCIO EURICH

EXTERNALIDADES DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E PECUÁRIO

PONTA GROSSA
2016

JOELCIO EURICH

EXTERNALIDADES DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E PECUÁRIO

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia, na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura, Linha de Pesquisa: Uso e Manejo do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

PONTA GROSSA
2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

E89 Eurich, Joelcio
 Externalidades de um sistema de
 produção agrícola e pecuário/ Joelcio
 Eurich. Ponta Grossa, 2016.
 109f.

 Tese (Doutorado em Agronomia - Área de
 Concentração: Agricultura), Universidade
 Estadual de Ponta Grossa.
 Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique
 Weirich Neto.

 1.Sustentabilidade. 2.Energia.
 3.Balanço emergético. 4.Carbono
 equivalente. 5.Sequestro de carbono.
 I.Weirich Neto, Pedro Henrique. II.
 Universidade Estadual de Ponta Grossa.
 Doutorado em Agronomia. III. T.

CDD: 631.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Tese: “**Externalidades de um sistema de produção agrícola e pecuário**”.

Nome: Joelcio Eurich

Orientador: Pedro Henrique Weirich Neto

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Pedro Henrique Weirich Neto

Prof. Dr. Marcelo Real Prado

Prof. Dr. Ricardo Ralisch

Prof. Dr. André Belmont Pereira

Profª Drª Adriana de Souza Martins

Data da Realização: 24 de junho de 2016.

Dedico aos companheiros e companheiras que caminham ao meu lado, em especial à minha
esposa Zíngara.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Pedro Henrique Weirich Neto pela parceria constante, assim como o amigo Carlos Hugo Rocha.

Aos colegas do Laboratório de Mecanização Agrícola (Lama).

Ao Sr Arthur Ferreira dos Santos Neto por permitir o estudo em sua propriedade.

Ao Sr Neilor Pickler pela grande parceria e ajuda durante os estudos na propriedade.

Aos Engenheiros Agrônomos Durval Menezes de Almeida Filho e William Nolte pela ajuda com dados e informações importantes.

A coordenação de aperfeiçoamento de pessoas de nível superior (CAPES), pela concessão do auxílio financeiro de estudo.

Quantas palomas necessita o mundo para que o homem volte a acreditar na paz?
Quanto inocentes levarão à morte, até que alguém encontre um sonho novo para libertar?
Quanto Chico Mendes, chorarão nas Amazônias?
Ou quanto Che Guevaras, pela ternura lutarão? Para que um Gandhi plante nesta terra? O amor não é a guerra, necessitamos paz.
Se é por todos que eu canto, de todos os continentes, arrastando inocentes que a história deixou pra trás... E eu lhes dou minha garganta, para que cantem comigo.
E conosco cantem povos que ainda lutam pela paz. É por todos que eu canto, de todos os continentes, arrastando inocentes que a história deixou atrás.
E eu lhe dou minha garganta, para que cante comigo, como cantam os povos que ainda lutam pela paz.
Quanto Nelson Mandelas precisam Apartheid? Ou de quantas flores Vandrê nos lembrar? Para que Lucemberg plante no Guaíba, a semente que o futuro um dia agradecerá?
É por todos que eu canto, de todos os continentes, arrastando inocentes, que a história deixou atrás. E eu lhes dou minha garganta, para que cantem comigo.
Conosco cantem povos que ainda lutam pela paz. É por todos que eu canto, de todos os continentes, arrastando inocentes que a história deixou atrás.
Eu lhe dou minha garganta, para que cante comigo.
E, assim, cantem os povos que ainda lutam pela paz...
Pela paz...

(Dante Ramon Ledesma)

RESUMO

A agricultura e a pecuária de modo geral, da maneira em que foram impulsionadas a partir da revolução verde caminharam de forma extremamente arraigada de externalidades sejam estas positivas e/ou negativas. Neste contexto surge a necessidade de aprimoramento de metodologias aplicáveis ao mapeamento destas, assim o presente estudo visa avaliar a dinâmica de uma unidade de produção agrícola e pecuária temporalmente, através das metodologias emergética e de inventário da emissão de gases de efeito estufa - GEE. Para a avaliação das metodologias propostas utilizou-se uma unidade de produção agrícola e pecuária situada no município de Carambeí, estado do Paraná, Brasil, sendo nesta computado os dados de onze anos, iniciando no ano de 2005 e finalizando no ano de 2016, intervalo este que compõe dez anos de produção essencialmente agrícola e um ano com a entrada do setor pecuário, dinâmica importante para a comparação temporal proposta. Através da metodologia emergética buscou-se calcular os valores de: Transformidade (Tr), Renovabilidade (%R), Razão de Rendimento Emergético Líquido (EYR), Razão de Investimento de Emergia (EIR), Carga Ambiental (ELR) e Índice de Sustentabilidade (SI) e através da avaliação de inventário de GEE estabeleceu-se os cálculos referentes à aplicação de fertilizantes orgânicos, fertilizantes nitrogenados sintéticos, calcário, ureia, defensivos agrícolas, também da fermentação entérica, manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso e Metano), fontes secundárias de N_2O (deposição atmosférica e lixiviação ou escoamento superficial), resíduos de colheitas, operações mecanizadas, energia elétrica e combustão estacionária. Quanto a metodologia emergética observou-se uma importante alteração dos valores de Tr ao longo do período estudado atingindo valores extremos de 60.276,40 sej.J⁻¹ no ano três a 121.255,08 sej.J⁻¹ no último ano de estudo, em contrapartida os demais valores observados para %R, EYR, EIR, ELR e SI não sofreram alteração substancial, sendo que de maneira geral se comportaram como sendo regulares. Quanto aos GEE observou-se uma importante dinâmica de mitigação de CO_2 no solo, partindo do valor de 13,76 Mg ha⁻¹ no início do estudo para 39,15 Mg ha⁻¹ no último ano de levantamento, com especial contribuição do setor pecuário nesta dinâmica. Observou-se ainda que na emissão de GEE a entrada do setor pecuário na unidade contribuiu de maneira decisiva para um aumento expressivo, em especial influenciado pela emissão de CH_4 advindo da fermentação entérica, porém quando computado o saldo de CO_2eq para o período estudado observou-se não haver grande alteração apresentando valor mínimo de 4,93 Mg CO_2eq ha⁻¹ no ano quatro e valor de 6,75 Mg CO_2eq ha⁻¹ no último ano de estudo. Através da relação estabelecida entre as duas metodologias constatou-se uma importante alteração da unidade estudada a partir da entrada do setor pecuário, a relação Tr/Saldo de CO_2 apresentou valores mínimos de 8,18 no ano sete ao máximo de 16,55 no último ano e a relação de energia produzida (MJ) para a emissão de CO_2eq (Kg) apresentou valores de 30,62 MJ Kg CO_2eq ⁻¹ no ano dois a 8,97 MJ Kg CO_2eq ⁻¹ no último ano. De maneira geral pode-se concluir que houve uma alteração negativa na ordem de 65% para o sistema como um todo se observados os aspectos emergéticos e de gases de efeito estufa relacionados após a entrada do setor pecuário na unidade estudada.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Emergia. Balanço emergético. Carbono equivalente. Sequestro de Carbono.

ABSTRACT

Agriculture and generally livestock, the way in which they were driven from the green revolution walked deep-rooted form of externalities are these positive and / or negative, and in this context there is a need for improvement of applicable methodologies to map these, so this study aims to assess the dynamics of a unit of agricultural and livestock production temporally through emergy methodologies and inventory of greenhouse gases - GHGs. For the evaluation of proposed methodologies used a unit of agricultural and livestock production in the municipality of Carambei, state of Paraná, Brazil, and this computed data eleven years, starting in 2005 and ending in the year 2016 range this that makes up ten years of mainly agricultural production and a year with the entry of the livestock sector, this important dynamic in the time proposed comparison. By Emergy methodology sought to calculate besides the Transformity values (Tr), Renewability (% R), Income Ratio Emergy Net (EYR), Emergy Investment Ratio (EIR), Environmental load (ELR) and Sustainability Index (SI) and through the GHG inventory evaluation established that the calculations for the application of organic fertilizers, synthetic nitrogenous fertilizers, lime, urea, pesticides, also enteric fermentation, handling of animal waste (nitrous oxide and methane), secondary sources of N_2O (atmospheric deposition and leaching or runoff), crop residues, mechanized operations, electric power and combustion stationary. As the emergy methodology there was a major change of Tr values over the period studied reaching extreme values of 60276.40 sej.J-1 in year three to 121,255.08 sej.J-1 in the last year of study in However other values observed for % R, EYR, EIR, ELR and SI have not undergone substantial change, and generally behaved as regular, as the GHG observed an important dynamic of CO_2 mitigation on the ground, starting from value of 13.76 t ha⁻¹ at baseline to 39.15 Mg ha⁻¹ in the last year survey, with special contribution of the livestock sector in this dynamic, as GHG emissions was observed that the entrance of livestock sector in the unit contributed decisively to a significant increase, especially influenced by the CH_4 emission arising from enteric fermentation, however when computing the balance of CO_2eq for the period studied there was no major change presenting minimum value of 4.93 Mg CO_2eq ha⁻¹ in year four and a value of 6.75 Mg CO_2eq ha⁻¹ in the last year of study, through the relationship established between the two methods was found to be an important change of the unit studied from the entrance to the livestock sector, the ratio Tr / CO_2 balance showed minimum values 8.18 in the year seven to maximum 16.55 in the past year and the produced energy ratio (MJ) for the issuance of CO_2eq (kg) showed 30.62 MJ values Kg CO_2eq ⁻¹ in year 2 to 8.97 MJ Kg CO_2eq ⁻¹ in the last year. In general it can be concluded that there was a negative change in the order of 65% for the system as a whole is subject to the emergy aspects and greenhouse gases listed after the entry of the livestock sector in the studied unit.

Keywords: Sustainability. Emergy. Energetic balance. equivalent carbon. Carbon Sequestration.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	–	Externalidades negativas inerentes à aplicação de agrotóxicos.....	18
FIGURA 2	–	Simbologia Sistêmica utilizada para representação de Diagramas Sistêmicos.....	21
FIGURA 3	–	Diagrama Ecosistêmico de Fluxos Emergéticos.....	23
FIGURA 4	–	Modelo de reporte de emissão de GEE.....	30
FIGURA 5	–	Unidade de produção agrícola estudada – Fazenda Santo André – Carambeí – Paraná.....	33
FIGURA 6	–	Diagrama Genérico que representa os fluxos de energia que entram, saem e se interagem dentro de um Sistema.....	36
FIGURA 7	–	Esquema de organização da tabela de cálculo dos fluxos de energia.....	37
FIGURA 8	–	Diagrama Emergético Sistêmico da unidade estudada anterior à entrada do setor pecuário, anos de 2005 (ano 01) a 2015 (ano 10). Carambeí – PR, 2016.....	49
FIGURA 9	–	Diagrama emergético sistêmico da unidade estudada com a entrada do setor pecuário, ano de 2016 (ano 11). Carambeí – PR, 2016.....	50
FIGURA 10	–	Representação da dinâmica temporal de emissão dos Gases de Efeito Estufa – GEE em gás Carbônico (CO ₂), Óxido Nitroso (N ₂ O) equivalente em CO ₂ , Gás Metano (CH ₄) equivalente em CO ₂ para a unidade e período estudado (2005 A 2016) Carambeí – PR, 2016.....	58
FIGURA 11	–	Representação da dinâmica temporal de emissão de CO ₂ eq, sequestro de CO ₂ e saldo total de CO ₂ para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí– PR, 2016.....	61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	–	Tipologia de externalidades.....	17
QUADRO 2	–	Roteiro de entrevista adotado para coleta de dados.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	Valores de transformidade (Tr) utilizados para os cálculos emergéticos.....	37
TABELA 2	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de fertilizantes orgânicos.....	40
TABELA 3	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados.....	41
TABELA 4	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de calcário.....	41
TABELA 5	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de ureia.....	42
TABELA 6	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de defensivos agrícolas.....	42
TABELA 7	–	Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas à fermentação entérica.....	43

TABELA 8	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso em manejo de dejetos animais.....	43
TABELA 9	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de metano em manejo de dejetos animais.....	44
TABELA 10	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da deposição atmosférica.....	45
TABELA 11	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da lixiviação ou escoamento superficial.....	45
TABELA 12	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente de resíduos de colheitas.....	46
TABELA 13	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões associadas às operações mecanizadas.....	46
TABELA 14	–	Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões associadas ao consumo de energia elétrica.....	47
TABELA 15	–	Parâmetro utilizado para o cálculo das emissões associadas à combustão estacionária.....	47
TABELA 16	–	Parâmetro utilizado para o cálculo do carbono sequestrado na propriedade para o período proposto.....	48
TABELA 17	–	Valores de fluxo padrão emergético da unidade para o período estudado (2005 a 2016), apresentados em: Recursos Naturais (I) Renováveis (R) e Não Renováveis (N); Recursos da Economia (F) em Materiais (M) e Serviços (S); Emergia Total (Y) Carambeí – PR, 2016.....	50
TABELA 18	–	Demanda emergética (Y), produção energética (Ep) e valores de transformidade (Tr) para a unidade estudada no período de 11 anos (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	51
TABELA 19	–	Transformidade (Tr) e índices emergéticos (%R, EYR, EIR, ELR, e SI) calculados para o sistema e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	52
TABELA 20	–	Balanco de carbono para a camada de 0-10 cm, com base no modelo unicompartimental proposto por Hénin & Dupuis (1945) para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	55
TABELA 21	–	Dinâmica de sequestro de CO ₂ a partir do estoque de C total no solo da unidade estudada e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	56
TABELA 22	–	Inventário resumido para emissão de gases de efeito estufa – GEE em gás carbônico (CO ₂), Óxido Nitroso (N ₂ O) e seu respectivo valor equivalente em CO ₂ , Gás Metano (CH ₄) e seu respectivo equivalente em CO ₂ pra a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	57
TABELA 23	–	Emissões de gases de efeito estufa – GEE em gás carbônico (CO ₂), Oxido Nitroso (N ₂ O) e Gás Metano (CH ₄) para os parâmetros inventariados na unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	58
TABELA 24	–	Emissão de CO ₂ eq, sequestro de CO ₂ e saldo de CO ₂ eq para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	60
TABELA 25	–	Razão entre eficiência ecossistêmica relativa representada pelos valores de Transformidade (Tr) e Saldo de CO ₂ para a unidade e	62

	período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	
FIGURA 26	– Relação entre transformidade (Tr) e Saldo de CO ₂ corrigidos em função do valor de ELR para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	63
FIGURA 27	– Relação entre a energia produzida (Ep) e a emissão de CO ₂ eq para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	GERAL.....	14
2.2	ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	RUMO DO DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA E PECUÁRIO ADOTADO.....	15
3.2	EXTERNALIDADES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO RURAL.....	16
3.3	ÍNDICES EMERGÉTICOS PARA AVALIAÇÃO DE EXTERNALIDADES.....	20
3.3.1	Estudos e Aplicabilidade de Índices Emergéticos.....	24
3.4	ANÁLISE DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE NA AVALIAÇÃO DE EXTERNALIDADES.....	26
3.4.1	Estudos e Aplicabilidade da Análise da Emissão de Gases de Efeito Estufa–GE.....	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1	UNIDADE ESTUDADA.....	33
4.2	COLETA DE DADOS.....	34
4.3	ANÁLISE EMERGÉTICA.....	36
4.3.1	Índices Emergéticos.....	38
4.4	AVALIAÇÃO DE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE).....	39
4.4.1	Cálculo do Sequestro de Carbono.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1	ANÁLISE EMERGÉTICA.....	49
5.2	DINÂMICA DE GEE.....	55
5.2.1	Carbono Estocado.....	55
5.2.2	Inventário de Gases de Efeito Estufa – GEE.....	57
5.2.3	Relação Emissão e Sequestro de Carbono.....	60
5.3	RELAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GEE E ÍNDICES EMERGÉTICOS.....	62
6	CONCLUSÕES.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	ANEXO A.....	75
	ANEXO B.....	95
	ANEXO C.....	98

1 INTRODUÇÃO

A agricultura e pecuária de modo geral tem sido foco de grande demanda em pesquisas, em geral, por sua alocação estratégica na geração de alimentos para a sociedade, mas também por sua importante geração de renda ao meio rural. Tal dinâmica surge a partir do desenvolvimento da era chamada revolução verde.

Muito bem amparada pela necessidade real de geração de alimentos a revolução verde se tronou definitivamente “caminho sem volta”, a qual modernizou o meio rural e o tornou extremamente competitivo. Porém atualmente percebe-se que o modelo desenvolvimentista puramente econômico não considerou efeitos ambientais e sociais.

Tais efeitos, benéficos ou prejudiciais, denominados de externalidades (Ferreira, 2008) de um determinado processo, agrícolas ou não, devem ser estudados. Como consequência pode-se estabelecer ações e pesquisas da mesma forma que se tem dado foco as pesquisas de cunho técnico-desenvolvimentista.

Visando dimensionar essas externalidades e assim classificar processos quanto a sua sustentabilidade, dois métodos são praticados: os chamados Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPIs (*Emergy Performance Index*), que consideram o sistema econômico como um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidade de energia agregada, ou emergia (ODUM, 1996), e ainda a metodologia de Inventário de Gases de Efeito Estufa – GEE, ou emissão de carbono equivalente – *Carbon Footprint* – que surge de uma preocupação exposta do protocolo de Kyoto (UNITED NATIONS, 1998) e normatizada mundialmente (IPCC, 2006) e localmente (GHG PROTOCOL, 2013; MCT, 2012; GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Diante do convencimento, seja através de eventos climáticos extremos vivenciados pela sociedade como um todo, ou até mesmo da necessidade de mitigação urgente de sistemas de produção geradores de externalidades negativas, torna-se imprescindível que estudos acerca do assunto se tornem mais evidentes e principalmente contundentes em seus objetivos. Sendo assim deve-se mapear a real situação dos sistemas produtivos praticados.

Os sistemas de produção agrícolas de maneira geral, principalmente em regiões tidas como mais “tecnificadas”, em muitos casos por necessidade, tiveram que sofrer adaptações para se manterem viáveis ao longo de sua trajetória. São exemplos, sistemas de produção agrícola sem o revolvimento do solo ou com mínimo revolvimento (plantio direto na palha), da mesma forma que os sistemas pecuários tiveram de ser trabalhados visando o máximo

possível a sua produtividade. Estas alterações vivenciadas por estes sistemas de produção se apresentam como sendo de grande valia como objetos de estudo para o entendimento das externalidades envolvidas no processo em geral.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAIS

Avaliar a dinâmica de uma unidade de produção agrícola e pecuária através dos métodos de análise emergética e de inventário da emissão de gases de efeito estufa.

2.2 ESPECÍFICOS

- Mensurar os índices emergéticos envolvidos no processo de produção agrícola e pecuário da unidade estudada;
- Realizar o inventário de gases de efeito estufa da unidade estudada;
- Estabelecer o saldo entre emissão e mitigação de CO₂eq para o período estudado na unidade proposta;
- Estabelecer a possível relação entre os métodos análise emergética e de inventário de gases de efeito estufa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RUMO DO DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA E PECUÁRIO ADOTADO

A chamada agricultura química em muito teve influência de cientistas como Saussure (1797 – 1845), Jean Baptiste Boussingault (1802 – 1887) e principalmente Liebig (1803 – 1873) que demonstravam em seus experimentos que a nutrição das plantas se dava essencialmente por substâncias químicas presentes no solo. Estas teorias desprezavam o papel da matéria orgânica na nutrição das plantas, onde a insolubilidade do húmus era uma evidência de sua inutilidade nos processos de crescimento vegetal (MÜLLER, 2009). Ainda segundo Müller (2009) os conceitos estabelecidos nesta época começam a desconsiderar a capacidade natural de autocatálise dos sistemas equilibrados. Os impactos destas descobertas ultrapassaram as fronteiras agrícolas e ganharam força em um amplo e promissor mercado de fertilizantes sintéticos.

No decorrer da segunda metade do século XX, surge a revolução agrícola contemporânea. Esta se caracteriza pelo uso intensivo de motomecanização e fertilizantes, seleção de variedades de plantas e de raças de animais com forte potencial de rendimento, utilização de alimentos concentrados para nutrição animal e moléculas sintéticas para sanidade de plantas e animais. Este tipo de manejo progride vigorosamente nos países desenvolvidos e em alguns setores limitados dos países em desenvolvimento (MAZOYER & ROUDART, 2010).

A partir dos anos 60 surge a revolução verde, uma variante da revolução agrícola contemporânea, baseada na seleção de variedades com bom rendimento potencial de arroz, milho, trigo, soja e outras grandes culturas de exportação. Pode-se dizer que tal revolução se fundamentou também numa ampla utilização de fertilizantes e produtos químicos, tipo de exploração esta que cresce em países em desenvolvimento (MAZOYER & ROUDART, 2010).

É notória a grande contribuição da revolução verde para o aumento expressivo da quantidade de alimentos (calorias) para uma população em crescimento. Mann (1997) escreve que em 1969 o ecólogo Paul Ehrlich, autor de “*A Bomba Populacional*”, previu que dentro de uma década o Japão passaria fome e uma horda de chineses famintos invadiria a Rússia. “A maioria das pessoas que irá morrer no maior cataclisma da história da humanidade já nasceu”, advertia. Antes disso, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a

Agricultura – FAO (2006), 56% dos seres humanos viviam em nações cuja média de suprimento alimentar era de 2.200 calorias per capita dia⁻¹, ou menos, nível suficiente apenas para sobrevivência. Os mesmos autores estimavam que a porcentagem da população humana vivendo com 2.200 calorias dia⁻¹ ou até menos cairá para 10%, por volta de 1992-1994, ou seja, Ehrlich não inclui a Revolução Verde em seu cenário apocalíptico. Ainda segundo a FAO (2006), entre os anos de 1950 e 1985 a produção mundial de cereais passou de 700 milhões para 1,8 bilhão de toneladas, uma taxa de crescimento anual de 2,7%.

A partir da década de 90, Gliessman (2001) relata que todos os países, nos quais práticas da Revolução Verde foram adotadas em larga escala, experimentaram declínios na taxa de crescimento anual do setor agrícola. Este é explicado pelo fato de que as práticas adotadas afetam a produtividade ecológica futura. Problemas de degradação dos solos e água, poluição do ambiente, perda da diversidade genética e perda do controle local sobre a produção agrícola, passam a ser frequentes.

3.2 EXTERNALIDADES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO RURAL

De acordo com Ferreira (2008) a palavra externalidade significa o efeito, benéfico ou prejudicial, que uma dada atividade econômica tem sobre terceiros, que não estão envolvidos nessa atividade. Soares & Porto (2007) definem que a externalidade é um importante conceito econômico utilizado para entendermos como a economia e a formação de preços frequentemente deixam de incorporar os impactos sociais, ambientais e sanitários consequentes das atividades produtivas que geram produtos e serviços, os mesmos autores exemplificam que este termo pode ser utilizado a qualquer sistema de produção, como em sistemas agrícolas, onde um produtor agrícola, ao tomar uma decisão quanto à quantidade a aplicar de um agrotóxico, faz a avaliação em relação à produtividade marginal e o custo marginal privado de utilizá-lo. Entretanto, esse pode não ser o melhor resultado numa perspectiva de bem-estar social e mesmo individual no longo prazo, pois o custo marginal ou benefício marginal individual pode desprezar efeitos para a saúde humana e dos ecossistemas, assim como os impactos destes para o sistema de saúde, previdenciário e a sociedade como um todo.

As externalidades de sistemas de produção agrícola podem ser negativas como exposto por Gliessman (2001), como a degradação dos solos e da água, poluição do ambiente, perda da diversidade genética e perda do controle local sobre a produção agrícola, podem

ainda ser positivas como por exemplo a captura e armazenamento de carbono no solo – o sequestro de carbono (LAL, 2004). O mesmo autor ainda indica que para aumentar-se o valor desta externalidade positiva e de fundamental importância que se adotem práticas agronômicas hoje tidas como conservacionistas como o plantio direto, o manejo correto de nutrientes, a utilização de adubação verde e orgânica a reestruturação de áreas de conservação, entre outras.

Mann & Wüstemann (2008) demonstram dois exemplos de externalidade na agricultura, o primeiro negativo como sendo a contaminação de lençóis freáticos com a adubação descontrolada, gerando altos custos de tratamento, além de problemas de saúde dos consumidores desta água, já o segundo exemplo de externalidade, a positiva, advém de sistemas de produção bem dimensionados e equilibrados onde nota-se grande conservação da biodiversidade, sendo essa geradora de benefícios também a terceiros.

Stewart & Ghani (1991) em seu trabalho sobre o a importância do estudo das externalidades para o desenvolvimento de determinadas atividades apresentam uma classificação (Quadro 1) de como são consideradas estas externalidades em função de seus impactos para a sociedade.

QUADRO 1 – Tipologia de externalidades.

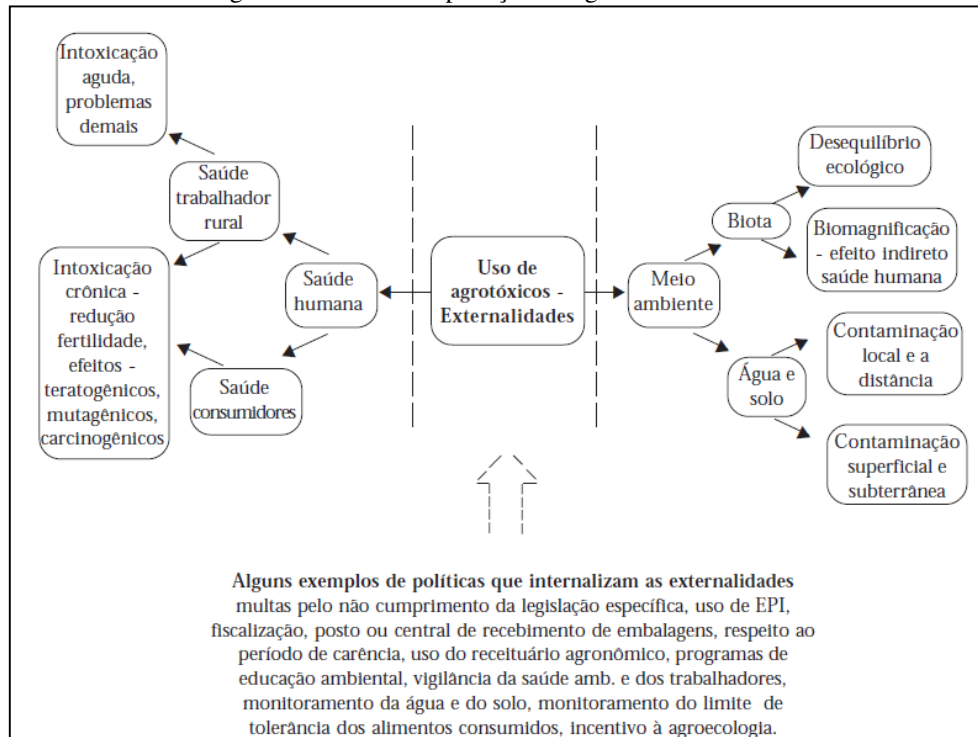
Externalidade	Definição	Exemplo
Um a Um (ou Um a Poucos)	A externalidade de um agente que causa impacto em outro agente	Fumaça de uma fábrica
Um a Muitos individualmente	As externalidades causadas por um agente que afeta significativamente cada um de muitos outros agentes.	Acidente nuclear como Chernobyl
Um a muitos coletivamente	As externalidades causadas por um agente pode afetar significativamente muitos outros agentes, quando os efeitos são somados.	Efeitos de radiação da energia nuclear.
Muitos individualmente a muitos individualmente	As externalidades causadas por muitos agentes individualmente têm efeitos significativos sobre as atividades de muitos agentes individualmente.	Mesmo que um a um, mas multiplicado por maior número de agentes.
Muitos individualmente a muitos coletivamente	As externalidades causadas por muitos agentes individuais têm efeitos significativos sobre as atividades de muitos agentes coletivamente.	Mesmo que um a muitos coletivamente, mas multiplicado por um maior número de agentes.
Muitos coletivamente a muitos individualmente	As externalidades de muitos agentes coletivamente que tem efeitos significativos em muitos agentes individuais.	Desertificação de áreas rurais
Muitos coletivamente a muitos coletivamente	As externalidades de muitos agentes somados têm efeitos significativos sobre muitos outros agentes, quando adicionadas.	Poluição automotiva

Fonte: Adaptado de Stewart & Ghani (1991).

Várias são as formas relatadas na literatura acerca da identificação e avaliação das externalidades inerentes à atividade agrícola, Soares & Porto (2007) demonstram na Figura 1

uma representação esquemática de possíveis externalidades negativas inerentes à aplicação de agrotóxicos em uma determinada área, bem como possíveis medidas que minimizem tais externalidades.

FIGURA 1 – Externalidades negativas inerentes à aplicação de agrotóxicos.



Fonte: Soares & Porto (2007).

Tão fundamental quanto identificar as externalidades inerentes a cada atividade agrícola é a forma de quantificação destas, seja para formas de compensação por externalidades positivas quanto para tomada de decisão visando minimizar as externalidades negativas. Lopes (1997) em seus estudos relacionados a quantificação de externalidades agrícolas no país de Gana ressalta o uso de ferramentas estatísticas e matemáticas para dimensionar os benefícios do acúmulo de biomassa no solo como forma de minimizar os impactos de externalidades negativas como a perda de solo devido a ação de erosão e consequente perda de nutrientes e contaminação de lençóis freáticos e cursos de água. Seus estudos demonstraram que as saídas produtivas no país em geral dependiam de cerca de 15 a 20% da quantidade e qualidade de biomassa adicionada ao sistema e ainda que a adição de biomassa ao sistema estava diretamente ligado a fatores externos à propriedade, como preços agrícolas e preços políticas vividas no país.

Cacho (2001) também utilizando um modelo matemático pôde mensurar as externalidades de sistemas de exploração agroflorestal, por meio de medidas de entradas e saídas em uma bacia hidrográfica, o autor ainda comenta que mais do que expressões e

resultados numéricos os estudos aprofundados das externalidades das atividades agrícolas podem fornecer subsídios para tomadas de decisões mais generalistas, como por exemplo a indicação de áreas prioritárias para determinadas atividades que possam gerar menos externalidades negativas.

Métodos de cálculo adaptados da ciência econômica também pode ser utilizada para a investigação das externalidades de sistemas agrícolas. Nordblom et al., (2012) utilizando modelos bioeconômicos possibilitaram a identificação e valoração das externalidades negativas proporcionadas pela atividade de reflorestamento à agricultores próximos dependentes de irrigação para seus processos produtivos, em seus modelos de cálculo sugerem a necessidade de compensação econômica aos irrigantes por parte dos silvicultores.

Wei et al., (2010) estudando a valoração de externalidades negativas da produção de milho em regiões com severas limitações hídricas da Alxa na China, indicam a necessidade da pré-delimitação das externalidades a serem estudadas como o esgotamento de lençóis freáticos, a poluição por nitratos e as emissões de N_2O para a atmosfera. Após a delimitação das externalidades é necessário a utilização de modelos como o desenvolvido por Li et al., (2007) que simulam os processos biofísicos da atividade, como para o caso do milho onde as entradas para o modelo são informações sobre o clima (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento), geografia (latitude e média de concentração atmosférica de CO_2), parâmetros biológicos da cultura (biomassa em energia e índice de colheita) e práticas de manejo agrícola (rotação de culturas, irrigação, fertilização, colheita e plantio direto), sendo suas saídas o rendimento das culturas, a evapotranspiração de drenagem no fundo do perfil do solo, biomassa em peso da matéria seca das culturas, a absorção de nitrogênio, as perdas de amônia, lixiviação de nitrato e emissão de N_2O . Wei et al., (2010) relatam ainda que estes modelos permitem tomadas de decisões mais amplas como por exemplo o valor de tarifação para a utilização da água subterrânea como também decisões locais como a não implantação de culturas antecessoras ao milho como forma de economia desta água.

A delimitação das externalidades a serem estudadas se tornam uma etapa fundamental para a escolha de modelos mais adaptados de mensuração, em processos agrícolas, Kremen & Miles (2012) apontam as principais externalidades inerentes aos sistemas agrícolas de produção como sendo a biodiversidade, a qualidade do solo, o manejo de nutrientes; o retenção de água, o controle de ervas daninhas, doenças e pragas, os serviços de polinização;

o sequestro de carbono, a eficiência energética, a resistência e resiliência às mudanças climáticas e a produtividade das culturas.

Duas ferramentas tem ganhado destaque na avaliação de externalidades em sistemas de produção agrícola, sendo a avaliação de índices emergéticos (ODUM, 1996) e a avaliação da emissão de carbono equivalente (HOLDEN & HOYER, 2005), bem como a combinação das duas metodologias (JAMALI-ZGHAL et al., 2012).

3.3 ÍNDICES EMERGÉTICOS PARA AVALIAÇÃO DE EXTERNALIDADES

Os chamados Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPs (*Emergy Performance Index*), consideram o sistema econômico como um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidade de energia agregada (ODUM, 1996). A Teoria Geral de Sistemas, estabelecida por Von Bertalanffy no ano de 1968 permitiu a Odum (1996) desenvolver e aplicar a análise emergética nas questões relativas à sustentabilidade dos ecossistemas.

A emergia é definida como toda a energia disponível usada no trabalho de transformação e/ou fabricação de um determinado produto, expresso em unidade de um tipo de energia, sendo a sua unidade geral definida como *emjoule* (sej) (ODUM, 1996). Segundo Barrella et al. (2005) o uso de uma única unidade para a qual são convertidos os diversos tipos de energia permite somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um determinado produto ou serviço.

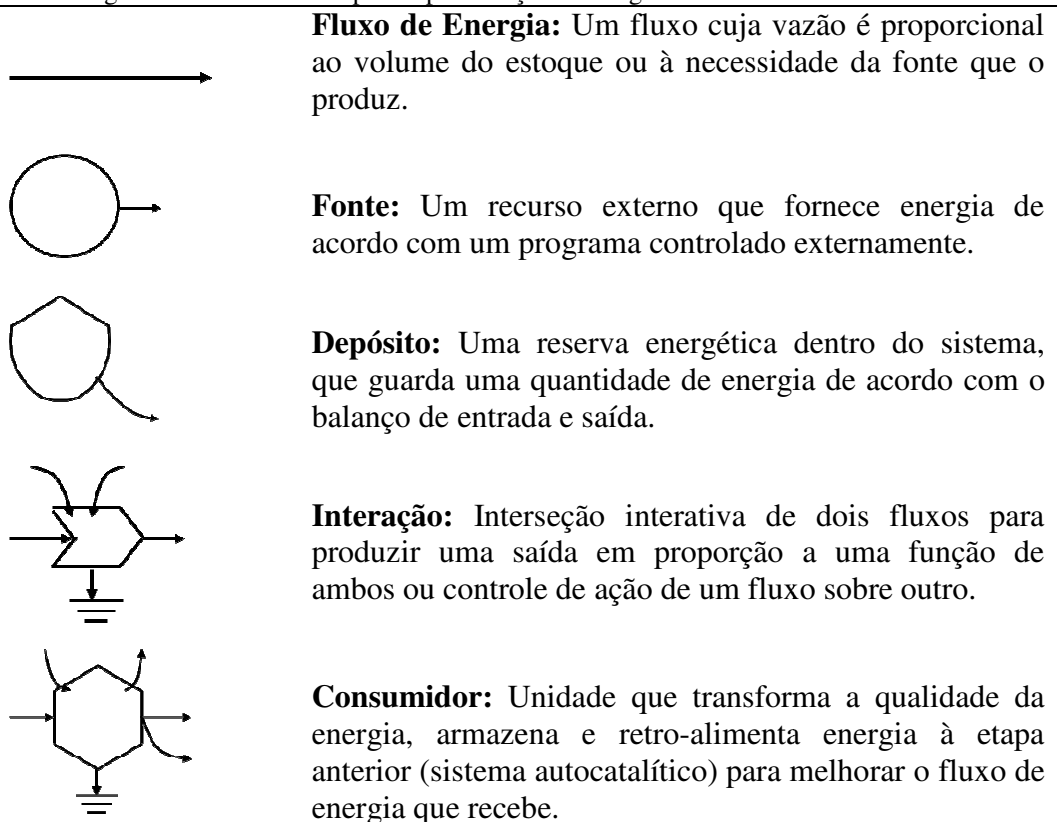
De posse dos dados emergéticos, torna-se possível o cálculo da transformidade (Tr) que é definida como o quociente da emergia de um produto por sua energia e é expresso em emjoules por Joule (sej/J, Joules de emergia solar por Joule), ou seja, é a emergia solar requerida para fazer um Joule de um serviço ou produto. Quanto maior o número de transformações de energia que contribuem para a formação de um produto, ou processo, mais alta a sua transformidade. Em cada transformação, a energia disponível é usada para “produzir” uma quantidade menor de energia de um outro tipo, com o aumento da emergia por unidade produzida. A transformidade mede a qualidade de energia e sua posição na hierarquia de energia universal, ou seja, quanto maior a transformidade de um recurso mais longe da origem ele estará, pois há muito valor a si agregado (ODUM et al., 2000). Quanto mais alto o índice de transformidade maior a aplicação do que foi produzido para os ecossistemas e para os humanos, mas cabe ressaltar que os sistemas de produção podem ter

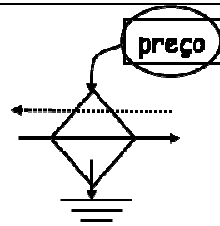
diferentes transformidades de acordo com as circunstâncias ambientais e econômicas (ODUM, 1996).

A análise emergética é realizada em três etapas: (a) análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema; (b) obtenção dos índices emergéticos; (c) interpretação dos índices emergéticos (ODUM, 1996).

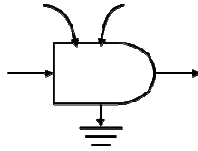
O primeiro passo para a aplicação da análise emergética é conhecer detalhadamente o sistema em estudo. De acordo com Ortega (2002) denomina-se como sistema o conjunto de elementos com atributos e funções específicas, que interagem entre si e com o meio externo de forma organizada (natural ou artificialmente), conformando assim um ente funcional. Essa tarefa parece inicialmente fácil, mas quando mal realizada ou detalhada, os resultados não representam com fidelidade a realidade. Para auxiliar nessa tarefa, Howard T. Odum desenvolveu símbolos com diferentes significados para serem utilizados na elaboração de diagramas sistêmicos (Figura 2) (ODUM, 1996).

FIGURA 2 - Simbologia Sistêmica utilizada para representação de Diagramas Sistêmicos.





Transações: Uma unidade que indica a venda de bens ou serviços (linha contínua) em troca de um pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado na figura como fonte de energia externa.



Produtor: Unidade que coleta e transforma energia de baixa qualidade (baixa intensidade) sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.



Sumidouro de energia: Dispersão de energia potencial empregada no sistema. A energia potencial é utilizada para produzir trabalho e o custo dessa transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa intensidade.



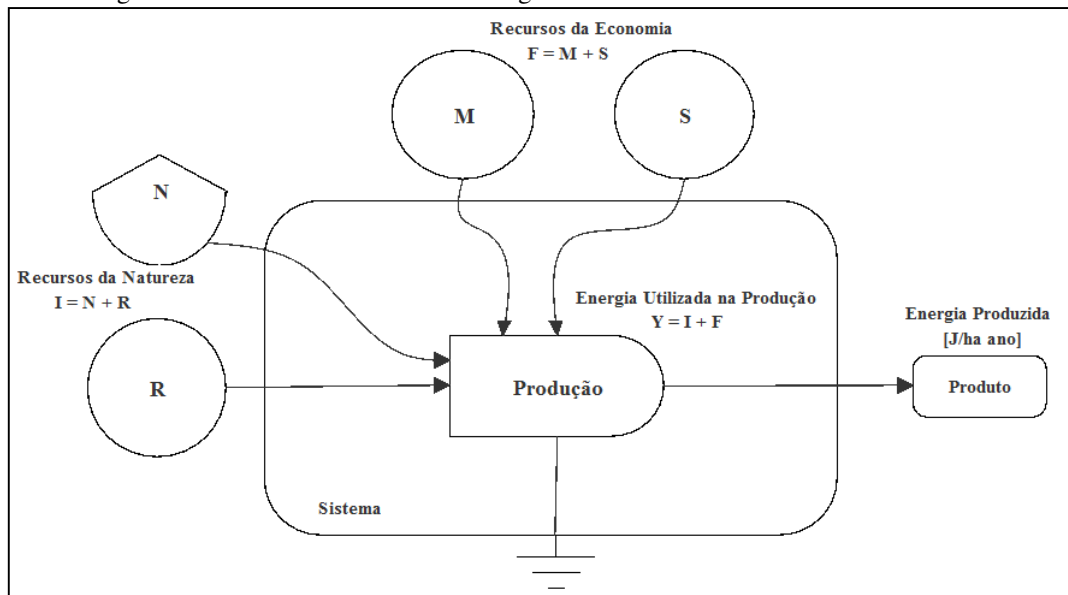
Caixa: Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior, representando assim, um subsistema.

Fonte: Adaptado de Odum (1996).

As fontes de recursos que compõem qualquer processo podem ser divididas em três classes: renováveis, não renováveis e provenientes da economia. Esta divisão é fundamental para o estudo emergético e a inter-relação do setor ou processo com o meio ambiente (BARRELLA et al., 2005). Na Figura 3 observam-se que fluxos de entrada em um sistema de produção são divididos em reservas não-renováveis (N), serviços e produtos do ambiente renováveis (R) e fluxos provenientes da economia (F) (ODUM et al., 2000).

A proposta do diagrama sistêmico é conduzir a um inventário crítico dos processos, estoques e fluxos que são importantes para o sistema sob estudo, os quais serão então valorados. Os componentes e fluxos do diagrama são ordenados da esquerda para a direita, de maneira que à esquerda estão representados os fluxos com maior energia disponível. Para a direita existe um decréscimo deste fluxo com cada transformação sucessiva de energia (ODUM et al., 2000).

FIGURA 3 – Diagrama Ecosistêmico de Fluxos Emergéticos.



Fonte: Adaptado de Odum et al., (2000).

Quando delimitado os fluxos emergético específicos, pode-se obter alguns índices que facilitam o estudo e podem servir de indicadores como o Rendimento Emergético (EYR), o Investimento Emergético (EIR), o impacto ambiental ou índice de carga ambiental, o Índice de Sustentabilidade (SI ou EIS) e o percentual de energia renovável (%R), entre outros (ULGIATI & BROWN, 2002).

Para conhecer a importância para o consumidor, calcula-se o rendimento emergético que é a razão entre energia incorporada no produto pela energia dos insumos que provém da economia ($EYR = Y/F$). O valor indica quanta energia primária é disponibilizada para o produto ou processo. Para prever se o uso de recursos da economia (investimento monetário) em um projeto terá uma boa contrapartida de recursos naturais (até hoje gratuitos), calcula-se a razão de investimento de energia (*Emergy Investment Ratio*) que mede a proporção de energia retro-alimentada do setor econômico em relação às entradas de energia do ambiente ($EIR = F/I$). Esta razão indica quão econômico é o processo ao usar os investimentos da economia. A razão de intercâmbio de energia (*Emergy Exchange Ratio*), o EER, é a proporção de energia recebida em relação à energia entregue em uma transação comercial. As matérias-primas tais como minerais e os produtos rurais provenientes da agricultura, pesca e silvicultura, tendem a ter um alto valor de EER, quando são comprados ao preço de mercado. O dinheiro somente paga os serviços humanos e não o extenso trabalho realizado pela natureza. Para fazer uma análise completa de um sistema que produz um bem ou um serviço pode-se calcular sua *renovabilidade emergética*, que é a razão entre a energia dos recursos renováveis usados e a energia total usada no sistema. As nações desenvolvidas

possuem índices de renovabilidade baixos e aos países ditos em desenvolvimento as razões são altas (ORTEGA, 2002).

O conceito de sustentabilidade que está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização do impacto - ELR, ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos inerentes ao sistema, pode ser representado pelo índice de sustentabilidade SI (EYR/ELR) (ULGIATI & BROWN, 2002).

Para Sinisgalli (2006) a análise emergética, que alguns autores consideram uma vertente da Economia-Ecológica, parece ser um indicador de valor mais apropriado para o estudo das relações ecossistêmicas e econômicas, da mesma forma Albuquerque et al., (2006) relatam que os indicadores emergéticos permitem a avaliação das externalidades inerentes aos sistemas estudados, possibilitando a sugestão de práticas de manejo para evitar e/ou reduzir os impactos ambientais nos sistemas estudados.

3.3.1 Estudos e Aplicabilidade de Índices Emergéticos

São comuns os estudos que relacionam os índices emergéticos com avaliações acerca da sustentabilidade de determinado processo. Em seus estudos Brown & Ulgiati (2002) se utilizam da metodologia emergética para avaliação da sustentabilidade em diferentes sistemas de geração de energia, comparando seis sistemas de geração de energia, alguns baseados em fontes renováveis e outros na queima de combustíveis fósseis. Estes autores demonstram a alta eficiência de plantas de geração energética baseadas no consumo de matéria não renovável, porém demonstram também seus baixos índices de renovabilidade, ou seja, insustentáveis a curto e médio prazo.

A utilidade da avaliação emergética combinada a seus índices na avaliação comparativa de sistema convencional e orgânico da produção de laranja na região da Cecília – Itália, foi estudado por Rosa et al., (2008) demonstrando maior sustentabilidade para o sistema orgânico.

Em estudos Zhang et al., (2009) utilizam a metodologia emergética para avaliar a sustentabilidade da produção de aço na China durante o período de 1998 a 2005. Seus resultados mostram que a sustentabilidade é muito baixa e em declínio, principalmente pelo fato do elevado índice de emissões atmosféricas e uso exagerado de recursos não-renováveis. Também na China, Chen et al. (2006) em estudos relacionados a sustentabilidade emergética

da agricultura chinesa entre os anos de 1980 (época da reforma da China) até o ano de 2000, apontam uma variação temporal de índices. Estes indicaram aumento da relação de carga ambiental (ELR), diminuição da taxa de auto-sustentação de emergia (ESI) e da razão de rendimento decrescente emergia (EYR). Estes resultados mostram um enfraquecimento da sustentabilidade após a transição da característica chinesa agroecossistema para uma tradição de auto-apoio a uma indústria moderna, baseada sobre o consumo de recursos não-renováveis.

Utilizando a metodologia emergética Cavalett & Ortega (2009) estudaram o equilíbrio de nutrientes e a avaliação econômica da produção e industrialização de soja no Brasil. As principais conclusões deste trabalho foram que a fase agrícola usa a maior quantidade de recursos e a relação de troca emergética mostra que os agricultores estão entregando cerca de seis vezes mais emergia, no grão de soja que está sendo vendido, do que em relação a emergia que estão recebendo em dinheiro pago por ele.

Em estudos de desempenho emergético e econômico do cultivo de banana em Guadalupe nas Antilhas Francesas, Barros et al., (2009) demonstram que o desenvolvimento sustentável da produção de banana, neste local, depende de uma mudança do modelo de alta entrada de energia fóssil para um modelo de uso de recurso natural. Nesse sentido, a análise de fluxo de emergia mostra que a inovação para práticas ambientalmente saudáveis que aumentem a ciclagem de nutrientes, integrem controle alternativo de ervas daninhas, pragas, doenças e ainda, melhorem o processo de embalagem de bananas, poderiam resultar em maior impacto positivo na sustentabilidade global. A análise econômica mostrou que os altos custos trabalhistas contribuem largamente para a dependência na produção de bananas em subsídios agrícolas.

A metodologia emergética também foi utilizada, por Rydberg & Haden (2006), para a avaliação da evolução agrícola dinamarquesa entre os anos de 1936, 1970 e 1999. Esta demonstrou que enquanto a agricultura continuar a ser uma forma de captação de recursos locais por parte das economias industrializadas irá persistir o desenvolvimento insustentável do sistema agrícola estudado. Em levantamento sobre a sustentabilidade do sistema tradicional de criação de bovino de corte nos pampas da Argentina, Rótolo et al., (2006) afirmam que tal sistema depende de 61% na emergia advinda da chuva e a soma total de utilização de recursos da natureza é de 85%, sendo que a demanda de recursos advindos da economia significou apenas 4% do total de emergia. Os mesmos autores apontam a emergia como sendo um método eficiente de reconhecer os agricultores e pecuaristas que possuem métodos sustentáveis de produção.

A aplicação da metodologia emergética em sistemas de produção agropecuária pode ser observada em trabalho de Wada & Ortega (2003), que após comparar sistemas contrastantes de produção leiteira, sendo um sistema agroindustrial de produção no estado da Flórida – EUA e um sistema tradicional familiar da região de Botucatu – SP, indicam que o uso de fontes de energia não renováveis em relação às renováveis é elevado na Flórida e menor em Botucatu, o que a longo prazo indica a insustentabilidade do atual sistema de produção, se ampliado como padrão para uma dada região, no caso o estado da Flórida.

Os índices emergéticos também são relatados como sendo importantes para a avaliação das externalidades relacionados aos processos produtivos agrícolas, Cohen et al., (2006) utilizando a análise emergética propôs a estimativa dos custos ambientais inerentes a perda de solo devido a erosão em determinados processos agrícolas no Quênia, chegando a resultados concretos, citando que a perda de solo no país em decorrência de processos erosivos equivale à 4.5E21 sej/ano, ou seja, o equivalente a 390 milhões de dólares ou 3,8% do produto interno bruto nacional.

Jiang et al. (2007) apontam através da metodologia emergética que o processo de modernização da agricultura chinesa ocorrida entre os anos de 1978 a 2000 aumentou consideravelmente algumas externalidades negativas, principalmente as relacionadas ao aumento das emissões atmosféricas e a perda de solo.

Em estudo recente Eurich et al. (2013) apresentam a análise emergética como uma ferramenta importante na mensuração de índices de sustentabilidade na pecuária leiteira em agricultura familiar, apontando para a alta demanda de recursos advindos da economia nestes sistemas. Também recentemente Rodríguez et al. (2014) a partir de um estudo em sistemas de produção orgânica de banana, confirmaram dados positivos de uso onde cerca de 68% foram recursos advindos da natureza, ou seja, recursos naturais renováveis.

A metodologia emergética pode ser utilizada para a contabilização de sistemas que integram a produção agrícola com a produção industrial, como a produção de açúcar apontada por Aguilar-Rivera et al. (2015), que em estudos no México apontam para índices desfavoráveis, ou seja, grande quantidade de externalidades negativas principalmente a etapa industrial deste sistema de produção.

3.4 ANÁLISE DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GEE NA AVALIAÇÃO DE EXTERNALIDADES

O método de análise da externalidade negativa de emissão de GEE, comumente reportada em carbono equivalente – *Carbon Footprint* – surge de uma preocupação exposta no Protocolo de Kyoto (UNITED NATIONS, 1998) fundamentada em estudos de mudanças climáticas associadas e emissões de gases de efeito estufa demonstrados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2007).

A metodologia de análise de emissão de carbono equivalente, vem acompanhado de uma análise preliminar referente ao ciclo de vida do produto ou serviço estudado. De acordo com Hunt & Franklin (1996) os primeiros estudos relacionados a este assunto datam de 1969 quando a empresa Coca-Cola® encomendou estudos para identificar qual era o destino de suas embalagens após a sua venda. Os autores ainda comentam que durante vários anos a metodologia foi utilizada por empresas objetivando minimizar possíveis gastos desnecessários com seus produtos. Atualmente o *Carbon Footprint* pode ser definido como a medida da quantidade total das emissões de gases de efeito estufa causadas diretamente ou indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto (FINKBEINER, 2009).

Ao passo que a análise emergética é realizada em três etapas: (a) análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema; (b) obtenção dos índices emergéticos; (c) interpretação dos índices emergéticos (ODUM, 1996), de acordo com Jamali-Zghal (2012) a análise de emissão de carbono equivalente em geral se ampara nos processos de (a) delimitação do sistema a ser estudado, (b) estudo dos componentes do sistema e seu ciclo de vida e (c) transformação em equivalente carbono em geral com valores-padrão do IPCC (2006).

Atualmente a metodologia segue normatizações internacionais da ISO 14.067 (2010) que possui duas etapas sendo: Parte 1- Quantificação e Parte 2- Comunicação e segue também a *Publicly Available Specification* - PAS 2050 (2008) – publicada pela *British Standards Institution*, a qual normatiza e especifica os requisitos para a avaliação do ciclo de vida das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de bens e serviços (FINKBEINER, 2009).

No Brasil a metodologia apresenta normatização utilizada como referência para o cálculo os parâmetros do Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG PROTOCOL, 2013), do Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2012), além da metodologia do GHG da Agricultura (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Dentro dos procedimentos de cálculo ante normatizados, estabeleceu-se o conceito de *tiers* (níveis ou camadas). Um *tier* representa o nível de complexidade metodológica adotada no inventário de um país. Usualmente, três *tiers* são fornecidos. O *tier* 1 é o método básico, o

tier 2, intermediário, e o *tier 3*, mais demandante em complexidade e necessidade de dados (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

O *tier 1* é recomendado para situações nas quais não há disponibilidade de fatores de emissão específicos para o país ou há limitações quanto aos dados de atividade, como informações sobre o uso da terra ou sobre as populações dos rebanhos. Nesses casos, os guias do IPCC disponibilizam os dados *default*, para realização das estimativas. O *tier 2* é recomendado para situações nas quais estão disponíveis fatores de emissão específicos para as principais condições do país ou da região e/ou maior detalhamento para os dados das atividades. O *tier 3* refere-se ao uso de procedimentos metodológicos desenvolvidos especificamente pelo país, que podem incluir modelagem e maior detalhamento das medidas dos inventários (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Ainda segundo o IPCC (2007) apesar de desenvolvido para uso em inventários nacionais, o conceito dos *tiers* também pode ser aplicado a estimativas regionais ou no nível do produtor rural, sendo nesta ótica passível de utilização para alguns parâmetros como:

- Aplicação de fertilizantes orgânicos;
- Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos;
- Aplicação de calcário;
- Aplicação de ureia;
- Aplicação de defensivos agrícolas;
- Fermentação entérica;
- Manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso);
- Manejo de dejetos de animais (Metano);
- Fontes secundárias de N₂O (Deposição atmosférica);
- Fontes secundárias de N₂O (Lixiviação ou escoamento superficial);
- Resíduos de colheitas;
- Operações Mecanizadas;
- Energia elétrica;
- Combustão estacionária.

De acordo com o GHG PROTOCOL AGRICULTURA (2014), as emissões são divididas três escopos, que são classificados de acordo com o grau de responsabilidade ou controle da organização inventariante perante a fonte das emissões – fontes diretas (fontes que pertencem ou são controladas pela unidade estudada) e fontes indiretas (fontes que pertencem

ou são controladas por outra organização, mas são resultantes das atividades da unidade estudada). Ainda segundo o GHG PROTOCOL AGRICULTURA (2014) “essa divisão deve ser realizada de forma criteriosa e transparente, pois permite uma gestão efetiva das emissões de GEE e pode auxiliar em uma gestão dos riscos e oportunidades de GEE envolvendo toda a cadeia avaliada”. As categorias são:

Escopo 1: São emissões diretas advindas de fontes da unidade inventariante ou controladas por ela, subdivididas em:

- Fontes mecânicas – fontes de emissão que consomem combustível ou eletricidade e, portanto, emitem emissões de GEE pelo processo da combustão (na geração de energia ou no consumo de combustível).
- Fontes não mecânicas – são fontes que emitem GEE por processos bioquímicos e têm uma grande variação de acordo com as condições bioclimáticas sob as quais a fonte de emissão está submetida. Essas emissões, muitas vezes, estão ligadas aos ciclos de nitrogênio e carbono.
- Mudanças no uso do solo - este tipo de emissão ocorre quando há supressão de vegetação nativa para uso posterior da área para outros fins. As emissões advindas desta prática são consideradas não renováveis, pois é considerado que há uma substituição permanente de um reservatório de carbono antigo relativamente constante e auto regenerativo por um reservatório geralmente de dimensão inferior e não auto regenerativo.

Escopo 2: Emissões indiretas provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica que é consumida pela unidade.

Escopo 3: São uma consequência das atividades da unidade, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por esta que são ainda classificadas em 15 subcategorias, 8 a montante (*upstream*) e 7 a jusante (*dowstream*).

O reporte da emissões também segue normatização indicada pelo GHG PROTOCOL (2013), BRASIL (2012) e GHG PROTOCOL AGRICULTURA (2014), sendo representado na Figura 4.

FIGURA 4 - Modelo de reporte de emissão de GEE.

1. Resumo das emissões das empresas

Escopo	Categoria	Emissões em toneladas			Emissões em toneladas de CO ₂ equivalente (t CO ₂ e)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Escopo 1	Fontes mecânicas							
	Fontes não mecânicas							
	Mudanças do uso do solo							
Escopo 2	Compra de energia							
Escopo 3	Upstream e downstream							
Total								
Carbono biogênico	Uso do solo							
	Uso de biocombustíveis							
Total								

2. Sequestro de carbono (t CO₂e)

Categoria	Sequestro em toneladas de CO ₂ equivalente (t CO ₂ e)
Mudança no uso do solo	
Uso do solo	
Total	

3. Emissões líquidas (t CO₂e)

Total de emissões dos escopos (t CO ₂ e)	Total de emissões de carbono biogênico (t CO ₂ e)	Total de sequestro de carbono (t CO ₂ e)	Emissões líquidas (t CO ₂ e)

+ - =

Fonte: GHG PROTOCOL AGRICULTURA (2014).

Para a contabilização da mitigação de gases de efeito estufa podem ser utilizados métodos variados. Para o setor agropecuário o principal deles é apresentado pela taxa de acúmulo de C orgânico no solo, determinado pelas condições do clima, pelas características mineralógicas e pelo sistema de manejo do solo (SÁ et al., 2014), com destaque para a quantidade de matéria orgânica introduzida no sistema. Entre os modelos matemáticos que avaliam a dinâmica da matéria orgânica do solo - MOS, se sobressaem os que permitem a estimativa de taxas de fixação de C orgânico no solo e a variação do estoque desse compartimento ao longo do tempo, como o modelo unicompartmental proposto por Hénin & Dupuis (1945).

De acordo com Sá et al., (2014) o modelo unicompartmental proposto por Hénin & Dupuis (1945) possibilita a estimativa dos coeficientes de humificação dos resíduos adicionados (k_1) e de mineralização da matéria orgânica do solo - MOS (k_2), bem como a adição mínima de C requerida para manter os estoques originais de C orgânico do solo. Por esse modelo, a variação anual do estoque de C orgânico do solo resulta da diferença entre as quantidades de C adicionadas (k_1A) e perdas (k_2C).

3.4.1 Estudos e Aplicabilidade da Análise da Emissão de Gases de Efeito Estufa - GEE

Em estudos relacionados à emissão de carbono equivalente da produção de cana-de-açúcar no leste da Tailândia, Yuttitham et al., (2011) através de informações como o uso de combustíveis fósseis, químicos e fertilizantes orgânicos e ainda os dados de biomassa de cana durante o cultivo puderam concluir que para cada kg de açúcar produzido há cerca de 0,55kg de CO₂, sendo grande contribuição do processo produtivo (0,49 kg de CO₂), pesando principalmente o uso exagerado de fertilizantes e de combustíveis fósseis e ainda o processo de queimada da lavoura. Também em seu estudo Yuttitham et al., (2011) não observarão diferenças significativas na emissão de carbono equivalente entre diferentes tamanhos de propriedades, relatando ainda que observaram uma pequena variabilidade nos dados em função das propriedades estudadas.

Cheng et al., (2011) utilizando a metodologia com o intuito de estimar a emissão de carbono equivalente na agricultura chinesa entre os anos de 1993 a 2007 através de dados de entrada como o total anual de insumos utilizados nas áreas cultivadas e suas saídas, como a produção total. Os seus resultados apontam que a utilização de fertilizantes sintéticos significam cerca de 0,45 t de carbono equivalente para cada tonelada de produção.

Visando estimar a emissão de carbono equivalente na produção de carne em áreas oriundas de desmatamento da Amazônia legal brasileira Cederberg et al., (2011) chegaram a dados que apontam que para cada kg de carne produzida nestes locais há cerca de 700kg de CO₂ equivalente, os autores concluem que para fins de cálculos mais precisos é de fundamental importância a inclusão de mudanças no padrão de uso das terras para a extração de dados mais precisos e plausíveis.

Avaliação da mitigação de externalidades negativas como o efeito estufa devido a emissão de CO₂ na atmosfera também foram estudadas por Selhorst & Lal (2013), que avaliaram o potencial de sequestro de carbono em gramados residências nos EUA e observaram que apesar de apresentar um balanço positivo, apresentou-se como sendo de grande variabilidade espacial, principalmente em função do manejo destes gramados, o estudo aponta que esta variabilidade ocorre em função do sistema de roçada do gramado (gerando cerca de 189,7 kg de carbono equivalente ha⁻¹ ano⁻¹) e de fertilização (gerando cerca de 63,6 kg de carbono equivalente ha⁻¹ ano⁻¹).

A variabilidade espacial de externalidades com relação a emissão de carbono e/ou sequestro de carbono em termos mundiais foi estudado por West et al., (2010) que apontam

grande variabilidade em função principalmente de clima e do sistema de manejo adotado, os autores indicam que em áreas recém desmatas para o cultivo agrícola nos trópicos libera cerca de três vezes mais carbono equivalente por tonelada de colheita agrícola em relação as mesmas áreas em regiões tropicais. Desta mesma ótica partem os resultados apontados por Fracetto et al. (2015) e Fargione et al. (2008) que apontam valores substanciais de emissão de GEE em produção de mamona e cana no Brasil, ambos os sistemas tem em comum o fato da mudança da vegetação natural, de cerrado para a produção agrícola.

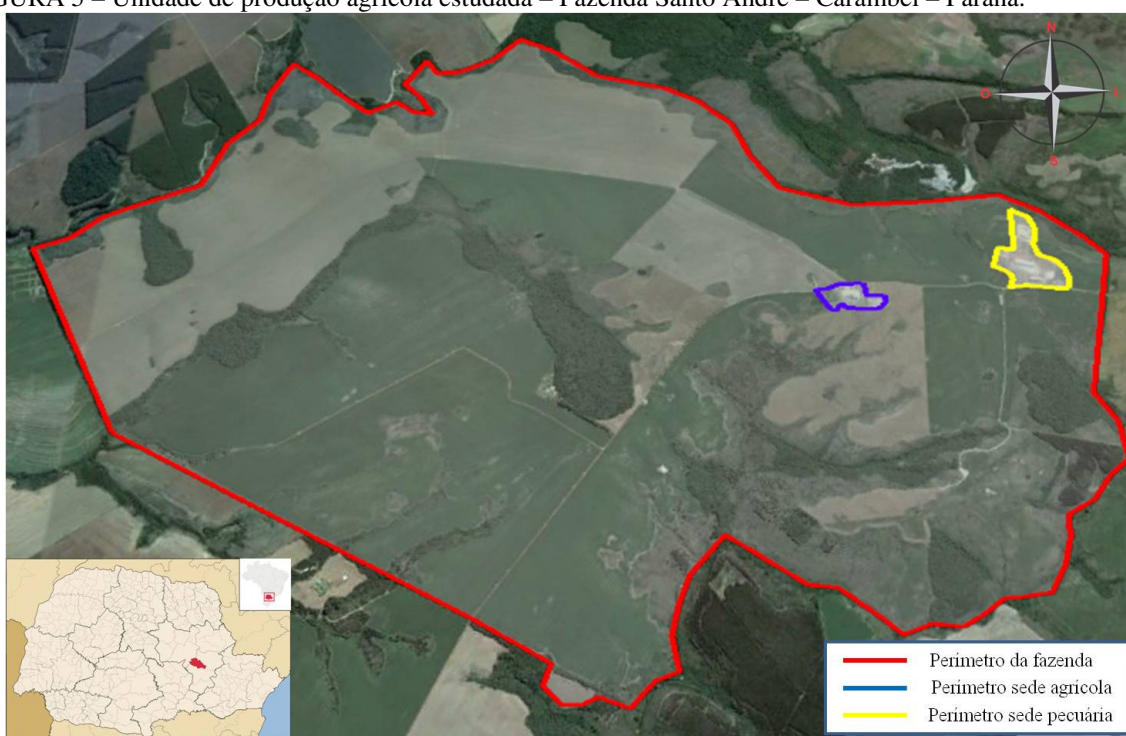
Ao estudar a relação de emissão de carbono equivalente Wu et al. (2013) e Wu et al. (2015) apontam para a possibilidade de interlocução destes resultados com resultados advindo do cálculo de índices emergéticos como por exemplo o valor da eficiência emergética relativa, representada pelo valor de Transformidade (Tr), tal interlocução permite o melhor entendimento do sistema estudado como um todo, tendo em vista que de acordo com Aguilar-Rivera et al. (2015) que após estudar a indústria açucareira no México a partir da avaliação emergética e de emissão de carbono equivalente aponta certa discrepância entre as duas metodologias, ou seja, as metodologias utilizadas apontam para resultados distintos como a maior importância em serviços para a energia e operações mecanizadas na emissão de carbono equivalente, porém os mesmos autores apontam para a importância da complementação entre ambas para um melhor entendimento de sistemas complexos ou integrados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 UNIDADE ESTUDADA

O presente estudo teve como referência a unidade de produção agrícola denominada fazenda Santo André, situada no município de Carambeí, região dos Campos Gerais do Paraná. (Figura 5). A propriedade situa-se, aproximadamente na latitude de 24° 47' 06" e longitude de 50° 13' 15". Teve sua atividade principal baseada na produção de grãos até março de 2015, quando se implantou projeto de pecuária de leite.

FIGURA 5 – Unidade de produção agrícola estudada – Fazenda Santo André – Carambeí – Paraná.



A propriedade possui atualmente, 1.480 hectares destinados a produção agrícola e pecuária de leite. O manejo agrícola adotado na fazenda é o de plantio direto na palha, implantado na década de 80, já o manejo pecuário adotado é o de confinamento pleno com 750 animais confinados e produção de leite média de 25.000 L dia⁻¹.

A escolha da unidade estudada se justifica por sua representatividade local em adoção de método conservacionista de produção com longa duração sob plantio direto, sem o revolvimento do solo, e pela possibilidade de comparação do sistema agrícola com e sem o sistema pecuário de produção leiteira adotado a partir do décimo ano de estudo. Ambos os

sistemas estudados na unidade se apresentam como sendo de fundamental importância regional (BATAVO, 2011; IPARDES, 2016).

4.2 COLETA DE DADOS

A caracterização do sistema estudado deu-se na busca e coleta de informações pertinentes ao local de estudo como: dados geográficos e estatísticos (IBGE, 2006; 2009), dados climáticos e ambientais (INMET, 2009; PEREIRA et al., 2002; CARAMORI et al., 1985; VALIATI et al., 2000) e dados cognitivos locais.

A coleta de dados cognitivos estabeleceu-se de acordo com Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária/Food and Agriculture Organization of the United Nations - INCRA/FAO (1999), ou seja, a unidade avaliada foi tratada com enfoque sistêmico:

Existem vários métodos de análise do meio rural e da agricultura que se baseiam no enfoque sistêmico, cada qual enfatizando um ou outro aspecto dos processos técnicos e econômicos. Há, por exemplo, abordagens que priorizam os fluxos de fertilidade e de energia e outras que privilegiam as questões econômicas (INCRA/FAO 1999).

O método de avaliação estabelecido pelo INCRA/FAO (1999) baseia-se em uma metodologia centrada nos atores da história dos sistemas agrários, ou seja, por meio da análise-diagnóstico de sistemas agrários.

O recolhimento de informações inerentes ao sistema estudado, se deu por meio da elaboração de roteiro para entrevista acompanhado de acesso a dados técnicos e econômicos da propriedade (Quadro 2) ao invés de questionário fechado pré-determinado. De acordo com INCRA/FAO (1999) a experiência tem demonstrado que questionários elaborados fora das áreas em estudo, sem conhecimento da problemática local, podem gerar atrasos e imprecisões no trabalho. Além disso, questionários fechados dificilmente permitem estabelecer correlações entre os diferentes elementos levantados (o que é fundamental na análise sistêmica) ou incluir um elemento novo que apareça durante a pesquisa.

A experiência também mostra que a entrevista aberta permite acompanhar o pensamento dos próprios agricultores, é capaz de revelar informações qualitativas preciosas para o diagnóstico (INCRA/FAO 1999).

QUADRO 2 - Roteiro de entrevista adotado para coleta de dados.

1. A família e a mão-de-obra disponível:

a) a história e a trajetória de acumulação da família;

b) a mão-de-obra familiar disponível (a quantidade e a qualidade, as divisões de gênero e de idade, os períodos de disponibilidade, etc.);

c) a mão-de-obra não familiar utilizada, tais como assalariados;

d) eventualmente, as fontes de renda não agrícola.

2. A unidade de produção:

a) os meios de produção disponíveis - terra, instalações e equipamentos (a quantidade e a qualidade, a modalidade de aquisição, os períodos de disponibilidade, a utilização efetiva);

b) o acesso a recursos externos (o financiamento, os subsídios, a infra-estrutura, etc.);

c) eventualmente, as relações sociais que garantem o acesso a esses recursos e os meios de produção (arrendamento, condomínios, cooperativas, etc.);

d) as principais produções (os diferentes sistemas de cultivo e de criação).

3. Os sistemas de cultura:

a) os consórcios e as rotações de culturas;

b) os itinerários técnicos (a sucessão de operações realizadas, as quantidades e a qualidade de cada recurso utilizado) e o calendários de trabalho;

c) os problemas técnicos enfrentados;

d) o nível e o destino da produção.

4. Os sistemas de criação:

a) os itinerários técnicos;

b) as relações com os sistemas de cultivo (a utilização de pastagens, as capineiras, os grãos, o uso de esterco, etc.);

c) os problemas técnicos;

d) o nível e o destino da produção.

5. Os sistemas de processamento dos produtos (o mesmo esquema dos outros subsistemas);

6. As atividades complementares (extrativismo, atividades necessárias à subsistência da família, prestação de serviços ou trabalho fora da propriedade, etc.).

7. As combinações dos sistemas de cultura com os de criação:

a) os fluxos de fertilidade e de produtos no tempo e no espaço (concorrência ou complementaridade dos componentes do sistema de produção);

b) o calendário de trabalho (concorrência entre sistemas de cultivo e os de criação);

c) o calendário do fluxo monetário (concorrência entre sistemas de cultivo e os de criação);

d) o calendário de uso dos principais equipamentos (concorrência entre sistemas de cultivo e os de criação).

O período de estudo foi compreendido entre junho de 2005 e março de 2016, perfazendo-se um total de 11 safras agrícolas, sendo o último ano de estudo integrado com a pecuária leiteira na unidade.

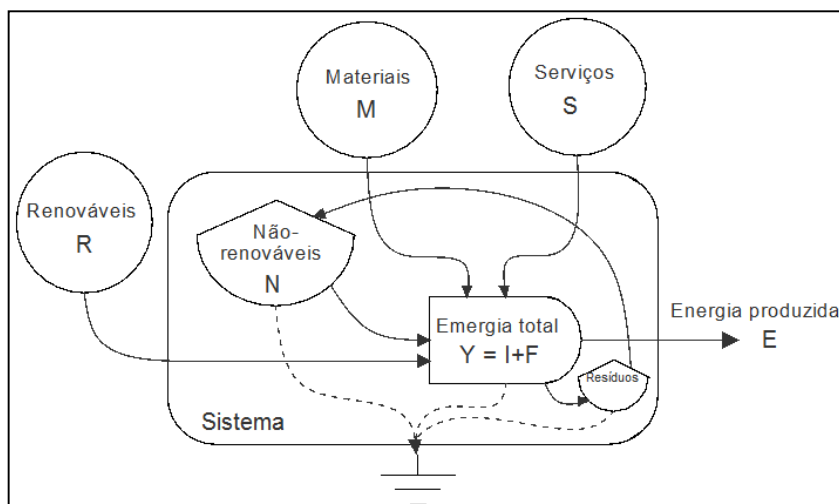
De posse dos dados da análise-diagnóstico da unidade estudada procedeu-se as avaliações propostas: análise emergética (ODUM, 1996) e a avaliação de inventário de Gases de Efeito Estufa - GEE (GHG PROTOCOL, 2013; BRASIL, 2012; IPCC, 2007; GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

4.3 ANÁLISE EMERGÉTICA

A análise emergética consiste na caracterização dos sistemas, elaboração do diagrama sistêmico, organização da tabela de avaliação emergética, determinação dos índices emergéticos e interpretação dos resultados.

A elaboração do diagrama sistêmico se deu através da identificação dos componentes principais de entrada e saída dos sistemas estudados, seguido pela montagem simbólica dos mesmos (Figura 6) (ODUM, 1996).

FIGURA 6 - Diagrama Genérico que representa os fluxos de energia que entram, saem e se interagem dentro de um Sistema.



Fonte: Adaptado de Odum (1996).

A construção da tabela de fluxo de energia se dá através da conversão de cada unidade de entrada em fluxo de energia (Figura 7).

FIGURA 7 - Esquema de organização da tabela de cálculo dos fluxos de energia.

Nota	Nome das contribuições	Valor numérico	Unidades	Transformidade	Fluxo de energia	%
R	Recursos da natureza renováveis					
R₁	Sol	5,36E+13	J ha ⁻¹ ano ⁻¹	1,00E+00	5,36E+13	1,07%
R_n	--	--	--	--	--	--
N	Recursos da natureza não-renováveis					
N₁	Perda de solo	--	--	--	--	--
N_n	--	--	--	--	--	--
M	Materiais da economia					
M₁	Ração	--	--	--	--	--
M_n	--	--	--	--	--	--
S	Serviços da economia					
S₁	Assistência técnica	2,3	U\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	2,68E+12	6,36E+12	0,05%
S_n	--	--	--	--	--	--

Para o cálculo de fluxo emergético serão utilizados valores de transformidade já determinados por outros autores (Tabela 1), bem como alguns valores calculados no presente trabalho.

TABELA 1 - Valores de transformidade (Tr) utilizados para os cálculos emergéticos.

Item	Unidade	Tr	(sej._ ⁻¹)	Fonte
Aço (edificações)	kg	6.70E+12	kg	Ortega (2003)
Aço (equipamentos)	kg	6.70E+12	kg	Ortega (2003)
Água de Poço	m ³	6.89E+04	J	Brown & Ulgiati (2004)
Calcário	kg	1.00E+12	kg	Ortega (2003)
Chuva	m ³	3.06E+04	J	Odum (1996)
Constr. em Alvenaria	kg	2.42E+09	kg	Ogura (2008)
Energia elétrica	kWh	6.72E+04	J	Lanzotti (2000)
Fósforo - P	kg	1.85E+12	kg	Ortega (2002)
Fungicida	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Gasolina	L	3.25E+12	L	Odum (1996)
Herbicida	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Inoculante	L	3.18E+13	kg	Ortega (2003)
Inseticida	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Lenha	m ³	1.64E+11	kg	Ortega (2002)
Mão-de-obra simples	hora	1.20E+06	J	Ortega (2002)
Mão-de-obra técnica	hora	4.00E+06	J	Ortega (2002)
Maquinas agrícolas	kg	1.13E+10	kg	Ortega (2003)
Medicamentos	L	1.48E+13	kg	Coelho et al. (2003)
Micronutriente - CoMo	L	1.68E+09	kg	Ogura (2008)
Micronutriente - Mn	L	1.68E+09	g	Ogura (2008)
Micronutriente - Zn	L	1.68E+09	kg	Ogura (2008)

Nitrogênio - N	kg	2.68E+12	kg	Ortega (2002)
Nitrogênio Atmosférico	kg	7.73E+12	kg	Ortega (2003)
Óleo diesel	L	5.58E+12	l	Odum (1996)
Óleos e Espalhantes	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Perda do solo	kg	1.24E+05	J	Brown & Ulgiati (2004)
Potássio - K	kg	6.59E+12	kg	Ortega (2002)
Produtos de limpeza	L	6.38E+11	kg	Castelini et al. (2006)
Ração	kg	2.00E+05	J	Ortega et al. (2002)
Reg. de crescimento	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Sal mineral	kg	1.00E+12	kg	Ortega & Sarcinelli (2003)
Semente Aveia preta	kg	1.68E+12	kg	Ortega et al. (2002)
Semente de Milho	kg	1.68E+12	kg	Ortega et al. (2002)
Semente Soja	kg	1.68E+12	kg	Ortega et al. (2002)
Semente Trigo	kg	1.68E+12	kg	Ortega et al. (2002)
Silagem	kg	1.53E+04	kg	Eurich (2011)
Sol	-	1,00E+00	J	Definição
Tratamento de semente	L	2.48E+13	kg	Brown & Ulgiati (2004)
Vento	m s ⁻¹	2,45E+03	J	Odum et al. (2000)

4.3.1 Índices Emergéticos

Após a organização da tabela de avaliação emergética, foram calculados os índices conforme equações descritas:

Transformidade (Tr): (Equação 01) é definida como o quociente da emergia de um produto por sua energia e é expresso em emjoules por Joule (sej/J, Joules de emergia solar por Joule) (ODUM, 1996).

$$Tr = I + F/E \quad \text{..... Equação 01}$$

Renovabilidade (%R): (Equação 02) é o percentual de energia renovável, é a parcela de emergia total processada de um determinado sistema que provém de fontes de recursos renováveis (ODUM, 1996).

$$\%R = (R \times 100) / R + N + F \quad \text{..... Equação 02}$$

Razão de Rendimento Emergético Líquido (EYR): (Equação 03) este índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (ULGIATI & BROWN, 2002), mas não diferencia recursos renováveis de não-renováveis.

$$EYR = (Y/F) \quad \text{onde, } Y = R + N + F \quad \text{..... Equação 03}$$

Razão de Investimento de Emergia (EIR): (Equação 04) o investimento emergético é a relação entre a emergia fornecida pelo sistema econômico e a fornecida diretamente pelo meio ambiente ao sistema estudado, quer seja renovável ou não-renovável (ODUM, 1996).

$$\text{EIR} = F / (N+R) \dots\dots\dots \text{Equação 04}$$

Carga Ambiental (ELR): (Equação 05) é a relação entre a soma da emergia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não-renovável e a emergia do recurso local renovável, onde um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais (ODUM, 1996).

$$\text{ELR} = (N+F)/R \dots\dots\dots \text{Equação 05}$$

Índice de Sustentabilidade (SI): (Equação 06) obtido da relação entre o rendimento emergético e o índice de carga ambiental. O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais (ODUM, 1996).

$$\text{SI} = \text{EYR}/\text{ELR} \dots\dots\dots \text{Equação 06}$$

4.4 AVALIAÇÃO DE INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)

Abordou-se no presente estudo as ferramentas de cálculos para o inventário de GEE utilizando se como referência para o cálculo os parâmetros do Programa Brasileiro GHG Protocol (GHG PROTOCOL, 2013), referências do Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2012), além de métodos do IPCC (IPCC, 2007) e do GHG da Agricultura (GHG PROTOCOL AGRICULTURA, 2014).

Com abrangência dos dados coletados na propriedade estabeleceu-se como ferramentas de os seguintes parâmetros:

- Aplicação de fertilizantes orgânicos;
- Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos;
- Aplicação de calcário;
- Aplicação de ureia;
- Aplicação de defensivos agrícolas;

- Fermentação entérica;
- Manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso);
- Manejo de dejetos de animais (Metano);
- Fontes secundárias de N₂O (Deposição atmosférica);
- Fontes secundárias de N₂O (Lixiviação ou escoamento superficial);
- Resíduos de colheitas;
- Operações Mecanizadas;
- Energia elétrica;
- Combustão estacionária.

Os parâmetros estudados foram calculados a partir das seguintes equações:

Aplicação de fertilizantes orgânicos: (Equação 07) utilizada para o cálculo da emissão de óxido nitroso - N₂O proveniente do uso de fertilizantes orgânicos.

$$N_2O_{AD.ORG} = Q_{ORG} \times N_{ad} \times (1 - FRAC_{GASEM}) \times FE_1 \dots\dots\dots \text{Equação 07}$$

Sendo:

N₂O_{AD.ORG} a emissão de óxido nitroso associada à aplicação de fertilizantes orgânicos (kg N₂O-N kg⁻¹ de adubo aplicado);

Q_{ORG} é a quantidade de adubo orgânico aplicado (kg);

N_{ad} o percentual de nitrogênio do adubo orgânico (%);

FRAC_{GASEM} a fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH₃ e NO₂ (%)

FE₁ o fator de emissão (%)

Na Tabela 2 estão representados os valores e referências utilizadas para o cálculo das emissões de aplicação de fertilizantes orgânicos.

TABELA 2 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de fertilizantes orgânicos.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FRAC _{GASEM} (%)	0,2	1	MCT (2010)
FE ₁ (%)	0,1	2	MCT (2010)
Percentagem de N para adubo orgânico			
Esterco bovino	1,60		IPCC (2006)

Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos: (Equação 08) utilizada para o cálculo da emissão de óxido nitroso - N₂O proveniente do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

$$N_2O_{FERT} = N_{FERT} \times (1 - FRAC_{GASF}) \times FE_1 \dots\dots\dots \text{Equação 08}$$

Sendo:

$N_{2O_{FERT}}$ a emissão de óxido nitroso associada à aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos ($Kg\ N_2O-N\ kg^{-1}$ de adubo aplicado);

N_{FERT} a quantidade de N aplicado como fertilizante nitrogenado (kg);

$FRAC_{GASF}$ a fração no N aplicado que volatilize na forma de NH_3 e NO_2 (%);

FE_1 o fator de emissão (%).

Na Tabela 3 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões provenientes do uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

TABELA 3 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
$FRAC_{GASF}$ (%)	0,003	1	IPCC (2007)
FE_1 (%)	0,9	1	IPCC (2007)

Aplicação de calcário: (Equação 09) utilizada para o cálculo da emissão de dióxido de carbono - CO_2 na calagem.

$$CO_{2CAL} = (Q_{Calcítico} \times FE_{Calcítico} + Q_{Dolomítico} \times FE_{Dolomítico}) \times 44/12 \dots\dots\dots \text{Equação 09}$$

Sendo:

CO_{2CAL} a emissão de CO_2 associada à aplicação de calcário no solo ($kg\ CO_2$);

$Q_{Calcítico}$ a quantidade anual de calcário calcítico ($CaCO_3$) aplicado ao solo por ano (kg);

$Q_{Dolomítico}$ a quantidade anual de calcário dolomítico ($CaMg(CO_3)_2$) aplicado ao solo por ano (kg);

FE o fator de emissão – conteúdo de carbono no calcário (%);

44/12 o fator de conversão de C para CO_2 (adimensional).

Na Tabela 4 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões provenientes do uso de calcário.

TABELA 4 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de calcário

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
$FE_{Calcítico}$	0,12	1	IPCC (2006)
$FE_{Dolomítico}$	0,13	1	IPCC (2006)

Aplicação de ureia: (Equação 10) utilizada para o cálculo da emissão de dióxido de carbono - CO₂ associada a aplicação de ureia.

$$\text{CO}_2 \text{ UREIA} = Q_{\text{Ureia}} \times \text{FE}_{\text{Ureia}} \times 44/12 \dots\dots\dots \text{Equação 10}$$

Sendo:

CO₂ UREIA a emissão de CO₂ associada à aplicação de ureia no solo (kg CO₂);

Q_{Ureia} a quantidade de ureia aplicada ao solo (kg);

FE_{Ureia} o fator de emissão (%);

44/12 o fator de conversão de C para CO₂ (adimensional).

Na Tabela 5 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões provenientes do uso de ureia.

TABELA 5 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de ureia.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FE _{Ureia}	0,20	1	IPCC (2006)

Aplicação de defensivos agrícolas: (Equação 11) utilizado para o cálculo das emissões associadas à fase de produção e transporte desses químicos, assim reportadas como emissões indiretas de dióxido de carbono equivalente - CO₂eq.

$$E_{\text{DE}} = Q_{\text{Herbicida}} \times \text{FE}_{\text{Herbicida}} + Q_{\text{Inseticida}} \times \text{FE}_{\text{Inseticida}} + Q_{\text{Fungicida}} \times \text{FE}_{\text{Fungicida}} \dots\dots\dots \text{Equação 11}$$

Sendo que,

E_{DE} é a emissão de GEE associada à aplicação de defensivo agrícolas no solo (kg CO₂eq);

Q_{Herbicida} é a quantidade de herbicida aplicado no solo (kg);

FE_{Herbicida} é o fator de emissão de herbicida (kg CO₂eq kg produto⁻¹);

Q_{Inseticida} é a quantidade de inseticida aplicado no solo (kg);

FE_{Inseticida} é o fator de emissão de inseticida (kg CO₂eq kg produto⁻¹);

Q_{Fungicida} é a quantidade de fungicida aplicado no solo (g);

FE_{Fungicida} é o fator de emissão de fungicida (Kg CO₂eq kg produto⁻¹).

Na Tabela 6 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões provenientes do uso de defensivos agrícolas.

TABELA 6 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas ao uso de defensivos agrícolas.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FE _{Herbicida}	10,2610	1	ECOINVENT (2013)
FE _{Inseticida}	16,6750	1	ECOINVENT (2013)
FE _{Fungicida}	10,1140	1	ECOINVENT (2013)

Fermentação entérica: (Equação 12) utilizada para o cálculo da emissão de gás metano - CH₄ associada a fermentação entérica dos animais (vacas leiteiras).

$$\text{CH}_{4\text{FERMENTAÇÃO}} = \text{NA} \times \text{FE}_{\text{CH}_{4\text{FERMENTAÇÃO}}} \dots\dots\dots \text{Equação 12}$$

Sendo:

CH₄FERMENTAÇÃO a emissão de metano associada à fermentação entérica (kg de CH₄ ano⁻¹);

NA o número de animais;

FE_{CH₄FERMENTAÇÃO} o fator de emissão de CH₄ para fermentação entérica (kg de CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹).

Na Tabela 7 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões provenientes da fermentação entérica.

TABELA 7 – Parâmetros utilizados para o cálculo de emissões associadas à fermentação entérica.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FE _{CH₄FERMENTAÇÃO} Leiteira (Paraná)	69	2	MCT (2010)

Manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso): (Equação 13) utilizada para o cálculo da emissão de óxido nitroso - N₂O associado ao manejo dos dejetos animais da propriedade.

$$\text{N}_{2\text{O}_{\text{DEJ}}} = \text{NA} \times \text{N}_{\text{EX}} \times (1 - \text{FRAC}_{\text{PRP}}) \times \text{FE}_3 \dots\dots\dots \text{Equação 13}$$

Sendo que,

N₂O_{DEJ} é a emissão de óxido nitroso associada ao manejo de dejetos (kg N₂O-N kg de dejetos depositado⁻¹);

NA o número de animais;

N_{EX} o total de N excretado anualmente por animal de cada categoria (kg N animal⁻¹ ano⁻¹);

FRAC_{PRP} a fração do N total excretado pelos animais diretamente em pastagens (%);

FE₃ o fator de emissão (%).

Na Tabela 8 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões de óxido nitroso em manejo de dejetos animais.

TABELA 8 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso em manejo de dejetos animais.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FE ₃ (Biodigestor)	0,001	1	MCT (2010)
N _{EX}	70	1	IPCC (2006)

Manejo de dejetos de animais (Metano): (Equação 14) utilizada para o cálculo da emissão de metano - CH₄ associado ao manejo dos dejetos animais da propriedade.

$$\text{CH}_{4\text{DEJ}} = \text{NA} \times \text{FE}_{\text{CH}_{4\text{DEJ}}} \dots\dots\dots \text{Equação 14}$$

Sendo:

CH_{4DEJ} a emissão do metano associada ao manejo de dejetos (kg CH₄ ano⁻¹);

NA o número de animais;

FE_{CH₄DEJ} o fator de emissão de CH₄ para manejo de dejetos (kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹).

Na Tabela 9 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões de metano em manejo de dejetos animais.

TABELA 9 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de metano em manejo de dejetos animais.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FE _{CH₄DEJ} (Paraná – Grandes Propriedades)	6	1	MCT (2010)

Fontes secundárias de N₂O (Deposição atmosférica): (Equação 15) utilizada para o cálculo da emissão de óxido nitroso - N₂O associada à deposição atmosférica de NH₃ E NO_x proveniente da utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos e à quantidade de N contida nos resíduos adicionados ao solo.

$$\text{N}_{2\text{O}(\text{G})} = [(\text{N}_{\text{FERT}} + \text{FRAC}_{\text{GASF}}) + (\text{N}_{\text{RESÍDUOS}} \times \text{FRAC}_{\text{GASM}})] \times \text{FE}_3 \dots\dots\dots \text{Equação 15}$$

Sendo:

N_{2O(G)} a emissão de óxido nitroso associada à deposição atmosférica (kg N₂O-N);

N_{FERT} a quantidade de N aplicada na forma de fertilizante sintético (kg de N ano⁻¹);

FRAC_{GASF} a fração de N aplicada na forma de fertilizante sintético que volatiliza como NH₃ E NO_x (kg [NH₃-N e NO_x-N] kg N aplicado⁻¹);

N_{RESÍDUOS} a quantidade de N contido nos resíduos aplicados aos solos como fertilizantes (kg de N ano⁻¹);

FRAC_{GASM} a fração do N aplicado como resíduos que volatiliza como NH₃ e NO_x (Kg [NH₃-N e NO_x-N] kg N excretado⁻¹);

FE₃ fator de emissão para a deposição atmosférica (kg N₂O-N kg [NH₃-N e NO_x-N]emitido⁻¹).

Na Tabela 10 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da deposição atmosférica.

TABELA 10 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da deposição atmosférica.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FRAC _{GASF}	0,1	1	MCT (2010)
FRAC _{GASM}	0,2	1	MCT (2010)
FE ₃	0,01	1	MCT (2010)

Fontes secundárias de N₂O (Lixiviação ou escoamento superficial): (Equação 16) utilizada para o cálculo da emissão de óxido nitroso - N₂O associada lixiviação ou escoamento superficial proveniente da utilização de fertilizantes nitrogenados sintéticos e a quantidade de N contida nos resíduos adicionados ao solo.

$$N_2O_{(L)} = (N_{FERT} + N_{RESIDUOS}) \times FRAC_{LEACH} \times FE_4 \dots\dots\dots \text{Equação 16}$$

Sendo:

N₂O_(L) a emissão de óxido nitroso associada à lixiviação ou escoamento superficial (kg N₂O-N);

N_{FERT} a quantidade de N aplicada na forma de fertilizante sintético (kg de N ano⁻¹);

N_{RESIDUOS} a quantidade de N contido nos resíduos aplicados ao solo como fertilizante (kg de N ano⁻¹);

FRAC_{LEACH} a fração do N adicionado ao solo que é perdida por lixiviação ou escoamento superficial (kg N lixiviado ou escoado kg de fertilizante ou esterco⁻¹);

FE₄ fator de emissão de N₂O para lixiviação/escoamento (kg N₂O-N kg N lixiviado/escoado⁻¹).

Na Tabela 11 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da lixiviação ou escoamento superficial.

TABELA 11 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente da lixiviação ou escoamento superficial.

Parâmetro	Valor	Tier	Fonte
FRAC _{LEACH}	0.3	1	MCT (2010)
FE ₄	0.025	1	MCT (2010)

Resíduos de colheitas: (Equação17) utilizada para o cálculo de emissão de GEE associada a decomposição dos resíduos vegetais restantes das colheitas.

$$N_2O_{RES} = [CROP \times FRAC_{DMcrop} \times (Res_{DM}/CROP_{DM}) \times FRAC_{NCRes}] \times FE_1 \dots\dots\dots \text{Equação 17}$$

Sendo:

N₂O_{RES} a emissão de óxido nitroso associado aos resíduos de colheitas (kg N₂O-N);

CROP a produção anual de cada cultura (kg);

FRAC_{DMcrop} a fração da matéria seca do produto colhido de cada cultura;

Res_{DM}/CROP_{DM} a razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

$FRAC_{NCRes}$ o conteúdo de N da parte aérea de cada cultura;

FE_1 o fator de emissão.

Na Tabela 12 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente de resíduos de colheitas.

TABELA 12 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões de óxido nitroso proveniente de resíduos de colheitas.

Cultura	Res _{DM} /CROP _{DM}	FRAC _{NCRes}	FRAC _{DMcrop}	Tier	Fonte
Soja	1,98	0,009	0,87	2	IPCC (2006)
Milho	1,49	0,008	0,87	2	IPCC (2006)
Feijão	1,49	0,017	0,87	2	IPCC (2006)
Trigo*	-	0,013	0,87	2	IPCC (2006)
Parâmetro	Valor	Tier			Fonte
FE ₁	0.01	1			IPCC (2006)

*A cultura do Trigo deve ter sua produção multiplicada pela $FRAC_{DMcrop}$ (IPCC, 2006)

Operações Mecanizadas: (Equação 18) utilizada para o cálculo de GEE proveniente das operações mecanizadas a partir do consumo de óleo diesel total na produção.

$$GEE_{DIESEL} = Q_{DIESEL} \times FE_{DIESEL} \dots\dots\dots \text{Equação 18}$$

Sendo:

GEE_{DIESEL} a emissão de CO_2 , CH_4 , N_2O associados ao consumo de Diesel (kg CO_2 ; CH_4 ; N_2O);

Q_{DIESEL} a quantidade de óleo diesel consumida (L);

FE_{DIESEL} o fator de emissão do óleo diesel (Kg CO_2 ; CH_4 ; N_2O L^{-1}).

Na Tabela 13 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões associadas às operações mecanizadas.

TABELA 13 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões associadas às operações mecanizadas

Parâmetro	CO_2	CH_4	N_2O	Tier	Fonte
FE_{DIESEL}	2,681	0,0003	0,00002	1	IPCC (2006)

Energia elétrica: (Equação 19) utilizada para o cálculo da emissão de dióxido de carbono - CO_2 associado a utilização de energia elétrica.

$$CO_{2EE} = EE \times FE \dots\dots\dots \text{Equação 19}$$

Sendo:

CO_{2EE} a emissão de CO_2 (t CO_2);

EE o consumo de energia elétrica (MWh);

FE o fator de emissão nacional (t CO_2 MWh $^{-1}$).

Na Tabela 14 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões associadas ao consumo de energia elétrica.

TABELA 14 – Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões associadas ao consumo de energia elétrica.

Ano	FE	Tier	Fonte
2006	0,0323	2	MCT (2015)
2007	0,0293	2	MCT (2015)
2008	0,0484	2	MCT (2015)
2009	0,0246	2	MCT (2015)
2010	0,0512	2	MCT (2015)
2011	0,0292	2	MCT (2015)
2012	0,0653	2	MCT (2015)
2013	0,0960	2	MCT (2015)
2014	0,1355	2	MCT (2015)
2015	0,1244	2	MCT (2015)

Combustão estacionária: (Equação 20) utilizada para o cálculo de emissão de GEE associada a combustão estacionária na propriedade.

$$\text{CO}_{2\text{CE}}; \text{CH}_{4\text{CE}}; \text{N}_2\text{O}_{\text{CE}} = \text{Q}_{\text{MP}} \times \text{FE}_{\text{CE}} \dots\dots\dots \text{Equação 20}$$

Sendo:

$\text{CO}_{2\text{CE}}$ a emissão de CO_2 associada a combustão estacionaria (kg CO_2 kg MP);

$\text{CH}_{4\text{CE}}$ a emissão de CH_4 associada a combustão estacionaria (kg CH_4 kg MP);

$\text{N}_2\text{O}_{\text{CE}}$ a emissão de N_2O associada a combustão estacionaria (kg N_2O /kg MP);

Q_{MP} a quantidade de matéria prima utilizada na combustão (kg);

FE_{CE} o fator de emissão.

Na Tabela 15 estão representados os valores referenciais para o cálculo das emissões associadas à combustão estacionaria.

TABELA 15 – Parâmetro utilizado para o cálculo das emissões associadas à combustão estacionaria.

Parâmetro	CO_2	CH_4	N_2O	Tier	Fonte
FE_{CE} (lenha)	1,917	5,42609	0,072348	1	MCT (2010)

Para o cálculo do CO_2eq foram utilizadas as conversões, indicada no *Global Warming Potential* - GWP proposto pelo IPCC (2006), sendo CO_2 correspondente a 1 CO_2eq , CH_4 correspondente a 25 CO_2eq e N_2O correspondente a 298 CO_2eq .

4.4.1 Cálculo do Sequestro de Carbono

Para a avaliação do carbono sequestrado na unidade estudada para o período proposto utilizou-se a metodologia proposta por Hénin & Dupuis (1945), sendo que a variação anual no estoque de C orgânico do solo (dC/dt) é resultado do balanço entre a adição de C fotossintetizado pelas culturas (k_1A) e a perda de C do solo (k_2C), assim representado pela equação 21.

$$dC/dt = -K_2C + K_1A \dots\dots\dots \text{Equação 21}$$

Sendo:

dC/dt a variação no estoque de C orgânico no solo ($Mg\ ha^{-1}$);

K_1 o coeficiente de humificação, ou seja, a proporção do carbono adicionado anualmente que acumula na matéria orgânica do solo;

K_2 a taxa anual de perda de MO por erosão e decomposição microbiana;

C o estoque atual de C orgânico do solo ($Mg\ ha^{-1}$);

A a quantidade anual de carbono adicionado ao solo na forma de resíduos ($Mg\ ha^{-1}$).

Na Tabela 16 estão representados os valores para o cálculo do carbono sequestrado na propriedade para o período proposto.

TABELA 16 – Parâmetro utilizado para o cálculo do carbono sequestrado na propriedade para o período proposto.

Parâmetro	Valor	Fonte
K_1	0.192	Sá et al. (2001)
K_2	0.023	Sá et al. (2006)

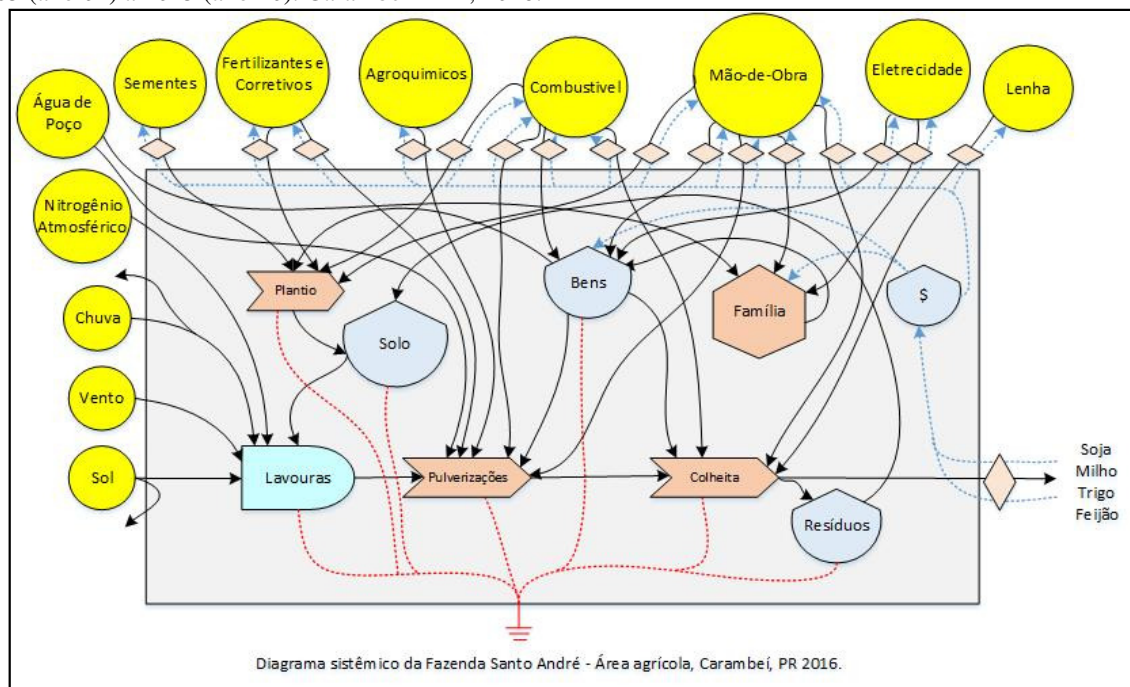
Os valores de estoque de carbono calculados a partir de Hénin & Dupuis (1945) representam os valores de carbono orgânico adicionado ao solo, sendo no presente estudo calculados em valores equivalentes de CO_2 a partir da multiplicação do valor de carbono orgânico pelo fator de conversão 3,67 (massa molar do CO_2 /massa molar do C = 44/12), conforme relatado por Leite et al. (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE EMERGÉTICA

A partir da coleta de dados, efetuou-se o diagrama emergético sistêmico da produção agrícola sem a integração pecuária, estando neste representado as entradas e saídas energéticas, bem como seu fluxo interno e o intercâmbio externo (Figura 8).

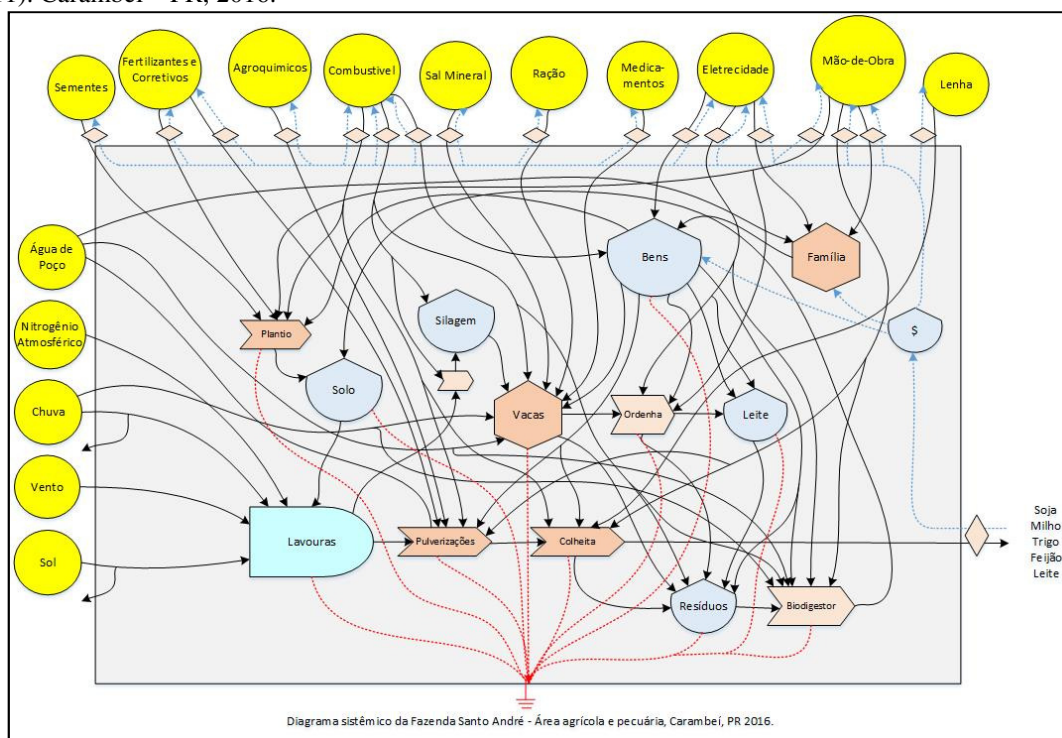
FIGURA 8 – Diagrama Emergético Sistêmico da unidade estudada anterior à entrada do setor pecuário, anos de 2005 (ano 01) a 2015 (ano 10). Carambeí – PR, 2016.



Após o início da exploração pecuária na unidade de produção (ano 11) seguiu-se a lógica de integração entre as duas atividades na propriedade, realizou-se novo diagrama emergético, também representando as entradas e saídas energéticas, seu fluxo interno e o intercâmbio externo (Figura 9).

Já a partir do início da exploração pecuária na propriedade observa-se que tal atividade apresenta maior inter-relação sistêmica, sendo notória o maior fluxo energético interno ao sistema.

FIGURA 9 – Diagrama emergético sistêmico da unidade estudada com a entrada do setor pecuário, ano de 2016 (ano 11). Carambeí – PR, 2016.



Contabilizado a avaliação emergética (Anexo A) para os 11 anos estudados, sendo as 10 primeiras com componente apenas agrícola e a última já com o componente agrícola e pecuário (Tabela 17).

TABELA 17 – Valores de fluxo padrão emergético da unidade para o período estudado (2005 a 2016), apresentados em: Recursos Naturais (I) Renováveis (R) e Não Renováveis (N); Recursos da Economia (F) em Materiais (M) e Serviços (S); Emergia Total (Y) Carambeí – PR, 2016.

Fluxo de eMergia (sej ano ⁻¹) (E+15)							
Ano	Recursos Naturais (I = R+N)	Renováveis (R)	Não Renováveis (N)	Recursos da economia (F = M+S)	Materiais (M)	Serviços (S)	Emergia total (Y = I+F)
1	2,55	2,53	0,0169	2,40	2,37	0,0307	4,96
2	2,76	2,74	0,0169	2,44	2,41	0,0307	5,20
3	2,56	2,54	0,0169	2,66	2,62	0,0307	5,22
4	2,58	2,56	0,0169	2,39	2,36	0,0307	4,97
5	3,90	3,88	0,0169	2,40	2,37	0,0307	6,30
6	2,91	2,89	0,0169	2,11	2,08	0,0307	5,02
7	2,96	2,94	0,0169	2,40	2,37	0,0307	5,36
8	3,02	3,00	0,0169	2,13	2,10	0,0307	5,15
9	3,11	3,10	0,0169	2,59	2,56	0,0307	5,70

10	3,14	3,13	0,0169	2,65	2,62	0,0307	5,79
11	3,22	3,21	0,0169	2,94	2,89	0,0540	6,16
CV	13,12%	13,25%	0,00%	9,69%	9,63%	21,41%	8,76%

Com exceção do uso de recursos não renováveis, representados basicamente por perda de solo e uso de água de poço artesiano para consumo humano e em pulverizações agrícolas, observa-se que o fluxo emergético apresentou variação entre os anos estudados (Tabela 17).

A variação de uso emergético, representado pelo coeficiente de variação (CV%), foi equilibrada, com maior variação para o recurso Serviços (S), basicamente devido ao incremento significativo de demanda emergética em mão-de-obra para o setor pecuário no ano 11.

Na Tabela 18 estão apresentados os valores de demanda emergética total do sistema, os valores de energia produzida na unidade, bem como os valores de transformidade (Tr) para os 11 anos estudados.

TABELA 18 – Demanda emergética (Y), produção energética (Ep) e valores de transformidade (Tr) para a unidade estudada no período de 11 anos (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

Ano	Energia total ($Y = I+F$) (sej ano ⁻¹) (E+15)	Energia Produzida (Ep) (J ano ⁻¹) (E+10)	Transformidade (Tr) (Sej J ⁻¹)
1	4,96	5,95	83.247,47
2	5,20	7,85	66.210,76
3	5,22	8,65	60.276,40
4	4,97	6,16	80.772,35
5	6,30	7,69	81.993,04
6	5,02	5,94	84.550,49
7	5,36	7,69	69.684,31
8	5,15	5,61	91.713,60
9	5,70	8,01	71.157,83
10	5,79	4,87	118.998,72
11	6,16	5,08	121.255,08

A transformidade (Tr) é definida como o inverso da eficiência ecossistêmica, dimensionada entre a razão do total de energia (sej) que entra no sistema pelo total de energia (J), sendo que valores menores indicam sistemas mais eficientes (ODUM, 1996).

A transformidade para unidade estudada apresentou nos primeiros anos valores entre 60.276,40 sej J⁻¹ no ano três até 91.713,60 sej J⁻¹ no ano oito, e nos dois últimos anos de estudo, a partir da preparação e implantação do sistema pecuário leiteiro na unidade, estes

valores apresentaram um aumento substancial chegando a 121.255,08 sej J⁻¹ no último ano de estudo, variação esta da ordem de 100% se comparado ao ano três (Tabela 18).

Estudando unidades de produção de leite familiar em região próximo ao estudado, Eurich et al. (2013) apresenta valores de 410.000 sej J⁻¹. Comar & Ortega (2003) observaram valores variando de 850.000 a 6.480.000 sej J⁻¹, para 11 propriedades, demonstrando assim grande variabilidade de eficiência ecossistêmica para unidades de produção leiteira. Outros sistemas agrícolas, por exemplo produção de banana no modelo convencional comparado ao sistema orgânico, estudados por Rodríguez et al. (2014), apresentaram valores de transformidade de 325.580 e 290.606 sej J⁻¹ respectivamente.

De acordo com método, quanto menor o valor de transformidade, melhor é o desempenho do sistema, porém este valor só poderá ser avaliado acompanhado dos demais índices, uma vez que a eficiência relativa computada pode advir em sua maioria de recursos emergético da economia, apresentando assim eficiência relativa (ODUM, 1996).

Na Tabela 19 estão apresentados os índices emergético calculados para a unidade durante o período de estudo, ilustrados com padrões sugeridos por Brown & Ulgiati (2002).

TABELA 19 – Transformidade (Tr) e índices emergéticos (%R, EYR, EIR, ELR, e SI) calculados para o sistema e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

Ano	Transformidade (Tr)		%R ¹	EYR ²	EIR ³	ELR ⁴	SI ⁵
	(Sej J ⁻¹)	 Bom  Regular  Ruim		 5,00  2,00 	 1,00  0,25 	 10,0  2,0 	 5,0  1,00 
1	83247,47		51,14	2,06	0,94	0,96	2,16
2	66210,76		52,73	2,13	0,88	0,90	2,38
3	60276,40		48,76	1,96	1,04	1,05	1,87
4	80772,35		51,54	2,08	0,93	0,94	2,21
5	81993,04		61,59	2,62	0,62	0,62	4,21
6	84550,49		57,56	2,38	0,73	0,74	3,22
7	69684,31		54,88	2,23	0,81	0,82	2,71
8	91713,60		58,34	2,42	0,70	0,71	3,39
9	71157,83		54,32	2,20	0,83	0,84	2,62
10	118998,72		53,96	2,19	0,84	0,85	2,56
11	121255,08		52,03	2,10	0,91	0,92	2,27

¹ - %R – Renovabilidade; ² - EYR – Razão de rendimento emergético líquido; ³ - EIR – Razão de investimento de energia; ⁴ - ELR – Carga Ambiental; ⁵ - SI – Índice de sustentabilidade
 FONTE: Adaptado de BROWN & ULGIATI (2002).

Conforme descrito, o valor de eficiência relativa de um sistema, representado pelo valor de transformidade (Tr) deve ser analisado em conjunto com demais índices calculados. Observa-se que o ano de maior eficiência relativa (ano três com Tr de 60.276,40 sej J^{-1}) foi ancorado com apenas 48,76% de recursos naturais (%R), ou seja, a eficiência do ano três ocorreu em sua maioria com recursos advindos da economia e que estes podem não ser interessantes para o “sistema” (Tabela 19). Os demais anos, apesar de apresentarem valores de Tr maiores do que o ano três, apresentaram valores de %R maiores do que 50%, demonstrando que nestes, a eficiência ecossistêmica foi amparada em sua maioria em recursos advindos da natureza. Estudos de Rodríguez et al. (2014) apontam valores de %R chegando a 68,37% para sistema de cultivo orgânico de banana, ou seja, mais 68% dos recursos advindos da natureza, porém Eurich et al. (2013) apontam valor de apenas 24% para a produção leiteira familiar convencional, valor bem inferior ao sistema estudado.

Observando-se os demais índices emergéticos, onde valores de EYR inferiores a 2,00, conforme Brown & Ulgiati (2002) indicam que não há contribuição que possa ser considerada como fonte de energia, visualiza-se o ano três (EYR de 1,96) (Tabela 19) o único no período estudado que não pode ser considerado fonte de acordo com a afirmação de Odum (1996). Em nenhum dos anos observou-se valor superior a 5,00 (valor considerado como fornecedor de energia) (BROWN & ULGIATI 2002).

Comparando-se os resultados aos de Agostinho (2005), onde este avaliou índices emergéticos de uma unidade de produção agroecológica, valor de EYR = 11,96, ou seja, a produção agroecológica desta propriedade é grande fornecedora de energia para a sociedade. Os resultados apontados no presente estudo apresentam-se como sendo na sua maioria de forma regular de acordo com Brown & Ulgiati (2002), porém superiores a sistemas de produção de açúcar no México de EYR=1,07 (AGUILAR-RIVERA et al., 2015); sistemas de produção leiteira familiar com EYR=1,33 (EURICH et al., 2013), sistemas de produção de banana convencional com EYR=2,81 (RODRÍGUEZ et al., 2014) e inferiores a produção agroecológica da mesma cultura com EYR=3,16 (RODRÍGUEZ et al., 2014).

O valor de EIR, que indica o grau de dependência do sistema dos recursos externos, pode ser dividido em valores inferiores a 0,25 como sendo considerados ideais, valores entre 0,25 e 1,00 como aceitáveis e superiores a 1,00 como altamente dependentes de recursos externos (BROWN & ULGIATI, 2002). Observa-se que para o período estudado apenas o ano três apresentou valor de EIR superior a 1,00 (EIR de 1,04), ou seja, alta dependência dos recursos externos. Os demais anos permaneceram como regulares e com pouca variação.

Vale ressaltar que embora a maioria dos valores de EIR sejam valores intermediários, estes valores se apresentam como melhores do que em outros sistemas semelhantes. Ortega et al. (2002) encontraram $EIR = 2,25$ para soja convencional com agroquímicos. Aguilar-Rivera et al. (2015) relataram $EIR=13$ para produção açucareira e Eurich et al. (2013) calcularam $EIR=3,05$ para produção leiteira convencional familiar. Sistemas menos dependentes foram apresentados por Ortega et al. (2002) como sistemas de soja orgânica com valor de $EIR = 0,17$.

A carga ambiental é indicada pelo valor de ELR, que de acordo com Barrela et al. (2005) demonstra o estresse na utilização dos recursos naturais. Valores de ELR inferiores a 2,0 são considerados como de baixo estresse, valores entre 2,0 e 10 são causadores de moderado estresse, enquanto que valores superiores a 10 causam alto estresse na utilização dos recursos naturais (BROWN & ULGIATI, 2002). Observa-se que na unidade estudada todos os anos avaliados apresentaram baixo estresse na utilização dos recursos naturais, muito provavelmente pelo sistema de produção adotado pela unidade, de plantio direto na palha sem revolvimento do solo, visto que a perda de solo colabora significativamente para o aumento deste índice (Tabela 19).

Os valores de maior impacto ou estresse nos recursos naturais na agricultura são encontrados em culturas que demandam grande quantidade de pesticidas, como é o caso do tomate, que em estudo realizado por Guarnette et al., (2009) apresentou valor de $ELR = 21,76$, evidenciando grande impacto nos recursos naturais.

O conceito de sustentabilidade que está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais pode ser representado pelo índice de sustentabilidade SI. Segundo Barrela et al. (2005) o valor de SI ainda permite avaliação de viabilidade energética do sistema. Neste caso valores inferiores a 1,00 podem ser considerados como insustentáveis, valores entre 1,00 e 5,00 são considerados sustentáveis a médio prazo e valores superiores a 5,00 sustentáveis a longo prazo (BROWN & ULGIATI 2002).

Na unidade agrícola estudada observa-se que os índices de sustentabilidade em todos os anos avaliados se enquadram na categoria regular, porém vale ressaltar que de acordo com o menor impacto causado no ambiente (ELR), observa-se tendência de aumento da sustentabilidade como observado nos anos cinco, seis e oito, com SI de 4,21, 3,22 e 3,39 respectivamente (Tabela 19). Estes resultados são superiores aos apontados por Eurich et al.

(2013) com $SI=0,42$ para produção leiteira familiar e Aguilar-Rivera et al. (2015) com $SI=0,08$ para produção açucareira no México.

5.2 DINÂMICA DE GEE

5.2.1 Carbono Estocado

Tomando-se por base o ano de 2005, início do levantamento, o valor encontrado em análise de solo para o teor de carbono médio no solo foi de $10,50 \text{ g.dm}^{-3}$ e densidade média do solo de $1,31 \text{ g.dm}^{-3}$ para a camada de 0 a 10 cm, o que representava um estoque médio de carbono de $13,76 \text{ Mg.ha}^{-1}$. A partir deste referencial inicial procedeu-se cálculo do incremento de carbono no solo para os anos estudados de acordo com Hénin & Dupuis (1945) (Tabela 20) (Anexo B).

TABELA 20 - Balanço de carbono para a camada de 0-10 cm, com base no modelo unicompartimental proposto por Hénin & Dupuis (1945) para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambei – PR, 2016.

Ano	Entrada de Fitomassa (Mg ha^{-1})			Entrada de C (Mg ha^{-1})	K_1A^1	K_2C^2	dC/dt^3	Estoque de C (Mg ha^{-1})
	Parte aérea	Raízes	Total					
1	19,68	4,28	23,96	10,60	2,81	-0,38	2,43	16,19
2	17,91	3,96	21,87	9,66	2,56	-0,43	2,13	18,32
3	18,32	3,97	22,29	9,86	2,61	-0,48	2,13	20,45
4	16,46	3,50	19,96	8,81	2,33	-0,52	1,81	22,26
5	18,74	4,08	22,82	10,03	2,66	-0,57	2,08	24,34
6	20,25	4,38	24,62	10,83	2,87	-0,63	2,24	26,59
7	21,66	4,71	26,37	11,57	3,07	-0,68	2,38	28,97
8	22,79	4,98	27,77	12,18	3,23	-0,74	2,49	31,46
9	23,20	5,03	28,23	12,38	3,28	-0,80	2,48	33,94
10	20,83	6,46	27,29	11,99	3,18	-0,85	2,32	36,27
11	24,19	8,50	32,69	14,36	3,80	-0,92	2,88	39,15

¹ - K_1A – humificação de C fotossintetizado pelas culturas; ² - K_2C - oxidação de C do solo; ³ - dC/dt - variação no estoque de C orgânico no solo

Observa-se que para a unidade estuda, em função do sistema de produção adotado de plantio direto na palha, sem o revolvimento do solo, a adição de carbono orgânico para todos os anos estudados foi positiva. Ao transcorrido 11 anos observou-se que o estoque de carbono orgânico do solo passou a ser de $39,15 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Tabela 20). Em análise de solo realizada no ano 11 determinou-se $30,13 \text{ g.dm}^{-3}$ de carbono para a camada de 0 a 10 cm, o que, considerando a densidade do solo de $1,31 \text{ g.dm}^{-3}$, representaria estoque de $39,47 \text{ Mg ha}^{-1}$.

O acréscimo de carbono no solo durante os anos estudados, $25,39 \text{ Mg ha}^{-1}$, pode ser considerado elevado, se assemelhando aos sistemas orgânicos de cultivo como o estudado por Souza et al., (2012) que apresentou acúmulo de carbono no solo na ordem de $23,62 \text{ Mg ha}^{-1}$ para um período de 10 anos de condução agrícola também sem revolvimento do solo.

Em estudos similares, Ferreira et al. (2012) e Sá et al. (2014), apresentam valores distintos de acúmulo de carbono no solo contabilizado pelo modelo utilizado, indicando valores de dC/dt na ordem de 0,8 em ambiente similar ao do presente estudo. Tal distinção se deve principalmente ao manejo de deposição de fitomassa adotado pelos sistemas, sendo no sistema estudado de $19,96 \text{ Mg.ha}^{-1}$ o seu valor mínimo para o ano quatro e chegando ao valor de $32,69 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o ano onze. Ferreira et al. (2012) apontam uma entrada de fitomassa de estudo da ordem de 17 a 18 Mg ha^{-1} em processos semelhantes.

Em estudos em região similar e em sistema também semelhante, Siqueira Neto et al., (2009) apontou valores de dC/dt na ordem de 1,94, sendo este, muito semelhante ao valor encontrado no presente estudo, corroborando para a tese de que em função do aumento da entrada de fitomassa no sistema o balanço tende a se tornar gradativamente mais positivo.

Tal relação positiva também foi apresentada por Mafra et al., (2014) que apresentou valores maiores para dC/dt em função de maior deposição de fitomassa no solo, tais autores apresentam ainda o fato de incremento de fitomassa com utilização de dejetos animais na adubação, gerando incrementos em dC/dt da ordem de 130 a 140%. Em comparação ao presente estudo pode observar-se que a partir da entrada do setor pecuário na unidade de estudo a adição de fitomassa e consequentemente do valor de dC/dt se elevaram na ordem de 30%.

Utilizando-se o fator de conversão de C orgânico para CO_2 indicado por Leite et al. (2003) obteve-se os valores equivalentes apresentados na Tabela 21.

TABELA 21 – Dinâmica de sequestro de CO_2 a partir do estoque de C total no solo da unidade estudada e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

Ano	Estoque de C	Estoque de CO_2	Entrada de CO_2
	Mg ha^{-1}		
1	16,19	59,41	8,91
2	18,32	67,23	7,81
3	20,45	75,05	7,83
4	22,26	81,70	6,64
5	24,34	89,35	7,65
6	26,59	97,58	8,24
7	28,97	106,33	8,75
8	31,46	115,46	9,13

9	33,94	124,57	9,11
10	36,27	133,10	8,53
11	39,15	143,68	10,58

Observa-se na Tabela 21 que os dados apontam significativo acúmulo de CO₂ no solo, sendo de maneira geral crescente ao longo do período estudado. Campos et al. (2013) aponta resultados similares em estudo relacionado a dinâmica de acúmulo de CO₂ ao longo do tempo em sistemas de plantio direto. Os mesmos autores indicam que esta influência positiva passa a acontecer a partir do quinto ano de adoção do sistema, onde acontece a melhoria da relação carbono/nitrogênio, com maior quantidade de substâncias húmicas solúveis que proporcionam extrato alcalino aumentando assim os índices de humificação.

Aliado ao maior poder de humificação dos solos, a partir do décimo ano do estudo observa-se significativa melhora no acúmulo de CO₂ pela adoção do sistema pecuário na unidade, e consequente uso de dejetos como fertilizante (CAMPOS et. al., 2013 e MAFRA et al., 2014) (Tabela 21).

5.2.2 Inventário de Gases de Efeito Estufa - GEE

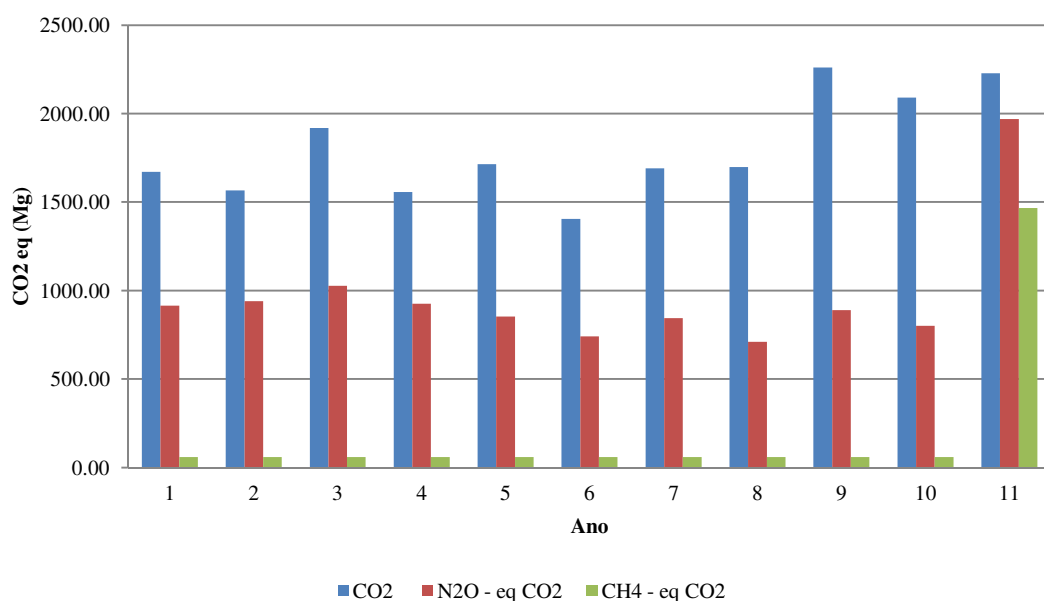
Na Tabela 22 estão apresentados os valores encontrados para o inventário de GEE para o período estudado, sendo estes a emissão de CO₂, N₂O e CH₄ e transformação em equivalente CO₂ (CO₂eq). (Anexo C)

TABELA 22 – Inventário resumido para emissão de gases de efeito estufa – GEE em gás carbônico (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O) e seu respectivo valor equivalente em CO₂, Gás Metano (CH₄) e seu respectivo equivalente em CO₂ pra a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

Ano	CO ₂	N ₂ O	N ₂ O - eq CO ₂	CH ₄	CH ₄ - eq CO ₂	TOTAL CO ₂ eq
Mg						
1	1671,04	3,07	915,25	2,36	58,88	2645,18
2	1565,01	3,15	940,06	2,35	58,74	2563,81
3	1918,79	3,45	1027,02	2,35	58,74	3004,55
4	1557,19	3,10	924,86	2,34	58,59	2540,64
5	1713,91	2,86	853,51	2,35	58,67	2626,09
6	1404,38	2,49	740,84	2,36	58,97	2204,18
7	1690,69	2,83	844,15	2,36	58,94	2593,78
8	1697,05	2,38	710,08	2,36	59,09	2466,22
9	2260,76	2,99	889,60	2,38	59,45	3209,80
10	2089,65	2,69	800,56	2,37	59,13	2949,34
11	2228,31	6,61	1969,06	58,64	1465,89	5663,26

Observa-se na Tabela 22 que de maneira geral as maiores emissões em quantidade são representadas pelo CO₂ e quando convertido o N₂O e CH₄ para CO₂eq observa-se o N₂O como sendo o segundo mais importante seguido pelo CH₄, porém é possível constatar que a partir do ano onze, com a entrada do setor pecuário na propriedade, o CH₄ assume papel importante no montante total de emissões. Tal afirmação é melhor visualizada na Figura 10.

FIGURA 10 – Representação da dinâmica temporal de emissão dos Gases de Efeito Estufa – GEE em gás Carbônico (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O) equivalente em CO₂, Gás Metano (CH₄) equivalente em CO₂ para a unidade e período estudado (2005 A 2016) Carambeí – PR, 2016.



A emissão de CH₄ é muito influenciada pelo uso de fertilizantes orgânicos (emissão de óxido nitroso - N₂O) e pela fermentação entérica dos animais (emissão de gás metano - CH₄) (Tabela 23).

TABELA 23 - Emissões de gases de efeito estufa – GEE em gás carbônico (CO₂), Oxido Nitroso (N₂O) e Gás Metano (CH₄) para os parâmetros inventariados na unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

GEE (Mg GEE ⁻¹)*	Ano										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N ₂ O _{AD.ORG}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,84
N ₂ O _{FERT}	0,04	0,05	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02	0,06
CO ₂ _{CALCÁRIO}	925,58	930,96	1042,27	837,95	925,58	635,13	769,76	485,69	710,17	629,13	657,27
CO ₂ _{URÉIA}	29,86	0,00	122,70	110,82	73,51	50,73	0,00	0,00	31,96	41,04	8,11
CO ₂ _{E DA HERB.}	199,53	169,30	203,62	202,09	161,16	187,89	206,40	261,84	247,13	270,57	230,62
CO ₂ _{E DA INSET.}	36,57	47,43	40,12	48,18	47,03	24,01	28,15	38,80	41,88	73,86	43,96
CO ₂ _{E DA FUNG.}	12,61	15,24	20,65	31,18	28,52	23,74	46,46	79,47	89,05	97,84	128,84

CH₄ FERM.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,75
N₂O DEJETOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
CH₄ DEJETOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
N₂O (G)	0,16	0,18	0,22	0,20	0,17	0,12	0,13	0,09	0,13	0,13	0,21
N₂O (L)	1,23	1,37	1,65	1,50	1,26	0,87	1,00	0,64	1,01	0,97	1,60
N₂O RES	1,31	1,23	1,27	1,13	1,06	1,02	1,26	1,17	1,43	1,16	1,29
CO₂ DIESEL	319,17	268,10	268,10	214,48	243,97	348,53	340,49	391,43	520,11	407,51	589,82
CH₄ DIESEL	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,07
N₂O DIESEL	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004
CO₂ EE	147,71	133,99	221,33	112,50	234,14	133,53	298,62	439,01	619,64	568,88	568,88
CO₂ CE	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
CH₄ CE	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
N₂O CE	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

* **N₂O AD.ORG** - Aplicação de fertilizantes orgânicos; **N₂O FERT** - Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos; **CO₂ CALCÁRIO** - Aplicação de calcário; **CO₂ URÉIA** - Aplicação de ureia; **CO₂ E DA HERB.** - Aplicação de herbicida; **CO₂ E DA INSET.** - Aplicação de inseticida; **CO₂ E DA FUNG.** - Aplicação de fungicida; **CH₄ FERM.** - Fermentação entérica; **N₂O DEJETOS** - Manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso); **CH₄ DEJETOS** - Manejo de dejetos de animais (Metano); **N₂O (G)** - Fontes secundárias de N₂O (Deposição atmosférica); **N₂O (L)** - Fontes secundárias de N₂O (Lixiviação ou escoamento superficial); **N₂O RES** - Resíduos de colheitas; **CO₂ DIESEL** - CO₂ de Operações Mecanizadas; **CH₄ DIESEL** - CH₄ de Operações Mecanizadas; **N₂O DIESEL** - N₂O de Operações Mecanizadas; **CO₂ EE** - Energia elétrica; **CO₂ CE** - CO₂ de Combustão estacionária; **CH₄ CE** - CH₄ de Combustão estacionária; **N₂O CE** - N₂O de Combustão estacionária.

Cerca de 77% das emissões de CH₄ em sistemas agropecuários advém da fermentação entérica seguido pela emissão de CH₄ no manejo dos dejetos animais (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCT, 2014), fato claramente demonstrado no presente inventário quando observa-se a entrada do componente animais na unidade estudada. Interessante salientar que o sistema de produção de leite adotado é o confinamento total, com alto uso de concentrados e consequente baixo uso de volumosos, o tende a causar menores emissões de CH₄ entérico, assim como o relatado por Pereira et al. (2015).

De maneira geral, o fato de não apresentar influencia relativa em inventário de GEE, o CH₄ tem sido comumente desconsiderado quando computados sistemas puramente agrícolas. Fracetto et al. (2015) estudando os GEE na produção de mamona não faz referência a este gás, os autores ainda comentam que as emissões de óxido nitroso (N₂O) no sistema de produção de mamona foram pouco expressivas, fato semelhante observado no presente trabalho, até início da exploração pecuária.

5.2.3 Relação Emissão e Sequestro de Carbono

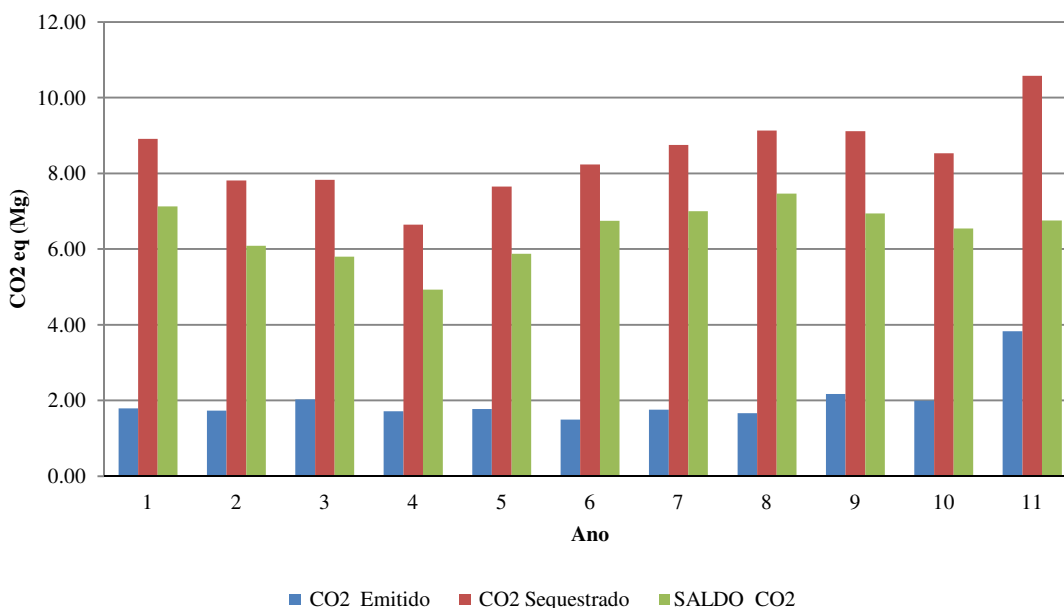
Ao reportar-se os resultados da emissão e sequestro de CO₂ para a unidade estudada, observam-se valores positivos (Tabela 24).

TABELA 24 – Emissão de CO₂eq, sequestro de CO₂ e saldo de CO₂eq para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

ANO	CO ₂ eq Emitido	CO ₂ Sequestrado	SALDO CO ₂
Mg ha-1			
1	1,79	8,91	7,13
2	1,73	7,81	6,08
3	2,03	7,83	5,80
4	1,72	6,64	4,93
5	1,77	7,65	5,87
6	1,49	8,24	6,75
7	1,75	8,75	7,00
8	1,67	9,13	7,46
9	2,17	9,11	6,94
10	1,99	8,53	6,54
11	3,83	10,58	6,75

Na Tabela 24 observa-se que para todos os anos a propriedade apresentou saldo positivo, ou seja, em todo o período estudado a emissão de CO₂eq foi inferior ao que o processo agrícola utilizado sequestrou, resultando em um acúmulo de CO₂ no sistema, em especial retido no solo. A partir da Figura 11 é possível constatar que a emissão permaneceu relativamente constante até a entrada do setor pecuário no sistema produtivo, quando apresentou significativo aumento, em contrapartida observa-se que o acúmulo decresceu até o ano quatro e a partir deste cresceu até o final do período estudado, com especial melhoria no último ano de estudo.

FIGURA 11 – Representação da dinâmica temporal de emissão de CO₂eq, sequestro de CO₂ e saldo total de CO₂ para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí- PR, 2016.



Retomando os dados apresentados na Tabela 23, observa-se que além da mudança de emissão e sequestro a partir da entrada do setor pecuário na unidade no último ano, o decréscimo de saldo de CO₂ até o ano quatro se deu principalmente pelo aumento do uso da adubação nitrogenada, em especial de ureia, e ainda pelo aumento do uso de calcário no solo.

Os valores de emissão de CO₂ eq por unidade de área observado até o ano dez no presente estudo em muito se aproxima a outros estudos relacionado a emissões de GEE para setor agrícola. Garcia & Sperling (2010) estudando GEE na produção de cana-de-açúcar encontraram valores de 1,54 Mg ha⁻¹ de emissão de CO₂eq. Macedo et al. (2004) também estudando a emissão de GEE na cultura da cana se referem a valores na ordem de 1,88 Mg ha⁻¹. Oliveira Júnior et al., (2015) apresenta emissões de 2,13 Mg ha⁻¹ de CO₂eq na cultura do café no estado de Minas Gerais. Porém em sistemas onde há maior perturbação do solo, estes valores são superiores como os indicados por Fracetto et al. (2015) que em sistema de produção de mamona relatam valores da ordem de 10,4 Mg ha⁻¹ e Fargione et al. (2008) que apontam valores de 9,8 Mg ha⁻¹ em produção de cana, ambos os sistemas têm em comum o fato da mudança da vegetação natural de cerrado para a produção agrícola onde é necessário a movimentação do solo.

5.3 RELAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GEE E ÍNDICES EMERGÉTICOS

Até o presente, discutiu-se dois métodos distintos que visam quantificar para o começo de discussão, comparar e proporcionar tomada de decisão quanto à sustentabilidade de processos.

Alguns autores já realizaram estudos com os referidos métodos, Aguilar-Rivera et al. (2015) estudando a indústria açucareira no México, apontaram certa discrepância entre os dois métodos, ou seja, os mesmos apontam para resultados distintos. Os autores relatam que cada método tende a priorizar um determinado segmento do processo, no referido trabalho a análise emergética considerou mais importante maior os serviços já o estudo de emissões de GEE as operações mecanizadas foram mais importantes. Os mesmos concluíram que ambos métodos devem ser estudados, principalmente em sistemas mais complexos.

A primeira relação seria a eficiência ecossistêmica relativa que pode ser indicada pela razão da transformidade (Tr) e o saldo de CO₂ do processo estudado (Tabela 25).

TABELA 25 – Razão entre eficiência ecossistêmica relativa representada pelos valores de Transformidade (Tr) e Saldo de CO₂ para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

ANO	Tr (Sej J ⁻¹)	Saldo CO ₂ (kg)	Razão Tr/Saldo CO ₂ (Sej J ⁻¹ kg ⁻¹)
1	83.247,47	7.125,97	11,68
2	66.210,76	6.082,00	10,89
3	60.276,40	5.795,13	10,40
4	80.772,35	4.927,97	16,39
5	81.993,04	5.874,23	13,96
6	84.550,49	6.747,80	12,53
7	69.684,31	6.999,73	9,96
8	91.713,60	7.461,07	12,29
9	71.157,83	6.940,70	10,25
10	118.998,72	6.539,07	18,20
11	121.255,08	6.753,99	17,95

Sabendo que a transformidade (Tr) permite o entendimento da eficiência relativa de um sistema estudado (ODUM, 1996), ou seja, permite compreensão e comparação das eficiências relativa dos sistemas, no caso estudado ao longo dos anos e que o saldo de CO₂ do sistema também faz alusão a este entendimento (FRACETTO et al., 2015), pode-se assim estabelecer relação entre ambos.

Quando se observam os dois parâmetros separadamente, constata-se o saldo de CO₂ do sistema manteve-se relativamente constante, mesmo a partir da entrada do setor pecuário no

sistema, em parte já justificado, porém esta dinâmica não é compartilhada pela análise emergético (Tabela 25). Sendo assim, caracterizando a razão, pode-se pressupor que quanto menor for esta, melhor será o processo para a sociedade. Assim entende-se que o aumento de aproximadamente 70% na razão Tr/SaldoCO₂ entre a média dos primeiros 10 anos e último ano do estudo se deve em sua maioria a entrada do setor pecuário na propriedade, demonstrando clara necessidade de melhoria das externalidades negativas apontadas pelos métodos isoladamente.

Estudando a sustentabilidade de processos de produção agrícola na China, Wu et al. (2015) correlacionaram os métodos para sistemas de produção integrada (aves/suínos/grãos e nozes) e apontam para resultados na ordem de 10,14, ou seja, muito similar ao observado no presente estudo até a entrada do setor pecuário na unidade.

De maneira geral pode-se observar que os sistemas integrados apresentados por Wu et al. (2015) apresentam eficiência relativa superior ao sistema integrado estudado (17,95 – resultado do ano 11). No entanto Wu et al. (2013) aponta para resultados da relação Tr/SaldoCO₂ de até 2,12 em sistema integrados de gado/grãos também na China.

Com resultados bem superiores aos apresentados por Wu et al. (2013), deve-se ter preocupação. Wu et al. (2015) melhoraram os índices de sustentabilidade do processo estudado com a substituição de milho convencional utilizado na alimentação animal por milho cultivado no sistema orgânico, obtendo significativa redução de CO₂eq em seu sistema de produção.

Na ótica apresentada por Odum (1996) e corroborada por Brown & Ulgiati (2004) e Eurich et al. (2013), pode-se observar o estresse de utilização dos recursos renováveis locais através do índice de carga ambiental (ELR) (razão da soma da energia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não-renovável e a energia do recurso local renovável). Desta forma, a razão entre o valor de saldo de CO₂ e o índice ELR pode representar o saldo de CO₂ de certa maneira corrigido em função da carga ambiental envolvida no sistema (Tabela 26).

TABELA 26 – Relação entre transformidade (Tr) e Saldo de CO₂ corrigidos em função do valor de ELR para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016

ANO	Saldo CO ₂ (Mg)	ELR ¹ (Adimensional)	Saldo CO ₂ /ELR (Mg)	Transformidade Tr (Sej J ⁻¹)	Razão Tr/Saldo CO ₂ corr (Sej J ⁻¹ kg ⁻¹)
1	7.125,97	0,96	7.457,77	83.247,47	11,16
2	6.082,00	0,90	6.785,67	66.210,76	9,76
3	5.795,13	1,05	5.513,95	60.276,40	10,93
4	4.927,97	0,94	5.240,18	80.772,35	15,41

5	5.874,23	0,62	9.420,97	81.993,04	8,70
6	6.747,80	0,74	9.151,72	84.550,49	9,24
7	6.999,73	0,82	8.513,73	69.684,31	8,18
8	7.461,07	0,71	10.450,21	91.713,60	8,78
9	6.940,70	0,84	8.252,59	71.157,83	8,62
10	6.539,07	0,85	7.663,23	118.998,72	15,53
11	6.753,99	0,92	7.324,80	121.255,08	16,55

¹ - ELR – Carga Ambiental

Observa-se na Tabela 26 que quanto maior for o estresse (ELR), maior será a contribuição negativa ao saldo de CO₂, nesta ótica a relação entre a média dos 10 primeiros anos da relação Tr/Saldo de CO₂_{corr.} diminuiu 65%, ou seja, considerando o impacto gerado localmente no saldo de CO₂ contabilizado, a relação de entrada do setor pecuário na propriedade apresenta uma ligeira melhora, porém distante de patamares teoricamente aceitáveis como os apresentados por Wu et al. (2013).

A dinâmica de razão entre os métodos, análise emergética e emissão de GEE, através dos resultados de eficiência relativa corrobora com a tese de Aguilar-Rivera et al. (2015), que aponta para um entendimento da real influência do sistema pecuário, ou seja, a pecuária leiteira acarretou em uma redução de eficiência na ordem de 65%, demonstrando clara necessidade da adoção de medidas que visem a redução deste impacto. Pereira et al. (2015) aponta para a possibilidade de redução da emissão de CH₄ em fermentação entérica através do aumento nos índices zootécnicos obtidos em sistemas de produção (principalmente os relacionados ao uso de forragem eficiente) associada a uma boa nutrição, saúde e manejo reprodutivo, porém da mesma forma serão necessários novos indicativos de *tiers* do tipo 3 associados a estes modelos de produção para fins de cálculos de GEE mais coerentes.

Um aspecto inerente a análise emergética refere-se quantidade de energia que o sistema fornece a sociedade, representado pela energia produzida – Ep, na Tabela 27 estão representados estes valores, e sua correlação com quantidade de emissão de CO₂eq.

TABELA 27 – Relação entre a energia produzida (Ep) e a emissão de CO₂eq para a unidade e período estudado (2005 a 2016) Carambeí – PR, 2016.

ANO	Ep (MJ)	CO ₂ eq (kg)	Ep/CO ₂ eq (MJ kgCO ₂ eq ⁻¹)
1	59.533.029,90	2.645.176,32	22,51
2	78.505.443,27	2.563.809,39	30,62
3	86.520.387,89	3.004.546,658	28,80
4	6.158.3077,56	2.540.639,651	24,24
5	76.875.957,60	2.626.088,305	29,27
6	59.378.161,67	2.204.180,929	26,94

7	76.901.891,56	2.593.782,51	29,65
8	56.123.743,67	2.466.218,005	22,76
9	80.102.114,17	3.209.802,576	24,96
10	48.673.967,61	2.949.340,223	16,50
11	50.827.431,02	5.663.257,33	8,97

Na razão Ep/CO_{2eq} apresentada na Tabela 27, a qual faz referência a quantidade energética produzida (MJ) para cada CO_{2eq} emitido para a atmosfera, para os primeiros 10 anos apresentou valor de 16,50 MJ $KgCO_{2eq}^{-1}$ no ano dez à valores como 30,62 MJ $KgCO_{2eq}^{-1}$ no ano dois, ou seja, obteve-se valores de 16 a 30 MJ em produtos para cada Kg de CO_{2eq} emitido na atmosfera. Com início da exploração pecuária, este valor foi para 8,97 MJ $KgCO_{2eq}^{-1}$, ou seja, o sistema passou a apresentar apenas 8,97 MJ em produtos para cada Kg de CO_{2eq} emitido na atmosfera.

A alteração negativa observada na relação Ep/CO_{2eq} entre a média dos 10 primeiros anos e o valor observado no ano onze aponta para uma diferença na ordem de 65%, ou seja, a mesma dinâmica observada na razão exposta na Tabela 25, indicando assim certa concordância entre os índices (razões) sugeridas.

6 CONCLUSÕES

- Diminuição substancial da eficiência emergética da unidade a partir da entrada do setor pecuário nesta, porém com a manutenção dos demais índices classificados de maneira geral como regulares;
- Aumento considerável da emissão de gases de efeito estufa, a partir da entrada do setor pecuário na unidade, com contribuição especial da emissão de CH₄ advindo de fermentação entérica;
- Sequestro de CO₂ de maneira positiva, com aumento gradual ao longo do período estudado devido ao uso do sistema de plantio direto na palha e ao uso de dejetos animais como fertilizantes resultando em saldo positivo na relação entre gases de efeito estufa emitidos e sequestrados com valores similares antes e após a entrada do setor pecuário na unidade;
- Alteração negativa na ordem de 65% em eficiência ecossistêmica relativa no sistema se observados os aspectos emergéticos representados pela Transformidade (Tr) e de gases de efeito estufa representado pelo saldo de CO₂ corrigido pela Carga Ambiental (ELR) envolvida no sistema.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, F. D. R. **Uso de análise emergética e sistemas de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP: [s.n.]. 2005.
- AGUILAR-RIVERA, N.; ALEJANDRE-ROSAS, J.; ESPINOSA-LÓPEZ, R. Evaluación emergy y lca en la agroindustria azucarera de veracruz, México, **Cultivos Tropicales**, v. 36, n. 4, p. 144-157, 2015.
- ALBUQUERQUE, T. C.; RODRIGUEZ, E. O.; MURGUEITIO RESTREPO E., **Avaliação energética de propriedades agrosilvipastoris do Brasil e da Colômbia**. Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais/Anais, 2006.
- BARRELLA, B. A., ALMEIDA, C. M. B., GIANNETTI, B. F. Ferramenta para Tomada de Decisão Considerando a Interação dos Sistemas de Produção e o Meio Ambiente, **Revista Produção**, v. 15, n. 1, p. 087-101, Jan./Abr. 2005.
- BARROS, I.; BLAZY, J.M.; RODRIGUES, G. S.; TOURNEBIZE, R.; CINNA, J.P. Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies) Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 129 p. 437–449, 2009.
- BATAVO, Cooperativa Agroindustrial. **Relatório Anual 2011**. Cooperativa Batavo, 2011.33p.Disponívelem:http://www.batavo.coop.br/site//arquivos/relatorio_anual/2011.pdf Acesso em: 20/02/2014.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Fatores de emissão de CO2 para Utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**. Brasília, 2012.
- BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, v. 2, p. 329-354. 2004.
- CACHO, O. An analysis of externalities in agroforestry systems in the presence of land degradation, **Ecological Economics**, v. 39, p. 131–143, 2001.
- CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.3, p.304-312, mar. 2013.
- CARAMORI, P.H.; CORREA, A.R.; BORROZZINO, E. Estimativa da radiação solar global diária para Ponta Grossa, PR, a partir da insolação diária. **Poliagro**, v.7, p.107-118, 1985.
- CASTELLINI, C., BASTIANONI, S., GRANAI, C., DAL BOSCO, A., BRUNETT I, M. Sustainability of poultry production using the emergy approach : Comparison of conventional and organic rearing systems, **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 343-350, 2006.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Emery, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil, **Journal of Cleaner Production**, v. 17 p. 762–771, 2009.

CEDERBERG, U. C.; PERSSON, M.; NEOVIUS, K.; SMOLANDER, S.; ROLAND, A. Clift Including Carbon Emissions from Deforestation in the Carbon Footprint of Brazilian Beef Environ. **Sci. Technol.** v. 45, p. 1773–1779, 2011.

CHEN, G.Q.; JIANG, M.M.; CHEN, B.; YANG, Z.F.; LIN, C. Emery analysis of Chinese agriculture Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 115 p. 161–173, 2006.

CHENG, K.; PAN, G.; SMITH, P.; LUO, T.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X.; HAN, X.; YAN, M. Carbon footprint of China's crop production—An estimation using agro-statistics data over 1993–2007 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 142, p. 231– 237, 2011.

COELHO, O. ORTEGA, E., COMAR, V. **Balanço de Emergia do Brasil (Dados de 1996, 1989 e 1981)**. In: Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. 2003. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/index.htm>. Acessado em 25 Out. 2015.

COHEN, M. J.; BROWN, M. T.; SHEPHERD, K. D. Estimating the environmental costs of soil erosion at multiple scales in Kenya using emery synthesis Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 114, p. 249–269, 2006.

COMAR, V.; ORTEGA, E. **Resultados preliminares da comparação dos índices emergéticos de onze fazendas do município de Pardinho/SP**, Brasil. In: Ortega E (Ed.) Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Uma introdução à metodologia emergética. Campinas, FEA/UNICAMP. p.16-22. 2003.

ECOINVENT. **DataBase 2013**. Disponível em <http://www.ecoinvent.org/database/> Acessado em 10 Jan 2016.

EURICH, J. **Balanço emergético em agrossistemas de produção familiar**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de concentração – Agronomia) Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR. 99p. 2011

EURICH, J.; WEIRICH NETO, P. H.; ROCHA, C. H. Índices emergéticos de sustentabilidade da produção leiteira em uma propriedade de base familiar em Palmeira, Paraná, Brasil, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 332-338, mai/jun, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food Insecurity in the World 2006**. Rome, Italy 2006 9p.

FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; HAWTHORNE, P. Land clearing and the biofuel carbon debt. **Science**, New York, v. 139, n.5867, p. 1235-1238, 2008.

FERREIRA, A. B. H. **Miniaurélio: o minidicionário da língua portuguesa** 7ed – Curitiba: Ed Positivo 2008. 896 p.

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; HARMS, M. G.; MIARA, S.; BRIEDIS, C.; QUADROS NETTO, C.; SANTOS, J. B.; CANALLI, L. B. Carbon balance and crop residue management

in dynamic equilibrium under a no-till system in Campos Gerais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.36, p.1583-1590, 2012.

FINKBEINER, M. Carbon footprinting—opportunities and threats Int. **J Life Cycle Assess**, v. 14, p. 91–94, 2009.

FRACETTO, F. J. C.; MONTEIRO FRACETTO, G. G.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; SIQUEIRA NETO, M. Emissões de gases de efeito estufa na produção de mamona e de seus subprodutos, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 90 – 98, out. – dez., 2015.

GARCIA, J. C. C.; SPERLING, E. V. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Eng Sanit Ambient.**, v.15, n.3, P. 217-222, jul/set 2010.

GHG PROTOCOL AGRICULTURA. **Metodologia do GHG Protocol da agricultura**, WRI Brasil/UNICAMP, p. 54, 2014.

GHG PROTOCOL. Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP/WRI. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões e gases de efeito estufa: especificações do programa brasileiro GHG protocol**. 2. ed. São Paulo, 2013.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável** – 2 ed. – Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GUARNETTI, R. L.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V.; GIANNETTI, B. F. **Estudo Comparativo com Ênfase na Sustentabilidade Ambiental em Emergia de Alimentos com Semelhança Nutricional**. In: 2º International Workshop | Advances in Cleaner Production, São Paulo – Brasil, Mai. 20-22, 2009.

HÉNIN, S.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique des sols. **Ann. Agron.**, v. 15, p. 161-172, 1945.

HOLDEN, E., HOYER, K.G., The ecological footprints of fuels, **Transportation Research Part**, v. 10, p. 395-403, 2005.

HUNT, R. G.; FRANKLIN, W. E. LCA- How it Came About Int. **J Life Cycle Assess**, v. 1, n. 1, p. 4-7, 1996.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006: Brasil, Gandes Regiões e Unidades da Federação**. Censo agropec., Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Prod. Pec. munic., Rio de Janeiro, v. 37, p.1-55, 2009.

INCRA/FAO. **Guia Metodológico – Diagnóstico de Sistemas Agrários**. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/ FAO, Brasília, 1999.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF. 465 p. 2009.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico – Município de Carimbei**, IPARDES, Maio, p. 44, 2016.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and other land use**. v. 4. Tokyo: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE; **climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, Solomon, S., et al.; Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.

JAMALI-ZGHAL, N.; AMPONSAH, N. Y.; LACARRIERE, B.; CORRE, O. L.; FEIDT, M. Carbon footprint and emergy combination for eco-environmental assessment of cleaner heat production, **Journal of Cleaner Production**, p. 446-456, 2012.

JIANG, M. M.; CHENB, B.; ZHOUA, J.B.; TAOC, F.R.; LIA, Z.; YANGB, Z.F.; CHENA, G.Q. Emery account for biomass resource exploitation by agriculture in China, **Energy Policy**, v. 35, p. 4704–4719, 2007.

KREMEN, C.; A. MILES. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs, **Ecology and Society**, v. 17, n.4, 2012.

LAL, R Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security, **Science**, v. 304, p. 1623, 2004.

LANZOTTI, C. R. **Uma análise emergética de tendências do setor sucroalcooleiro**. Campinas, SP: [s.n.], 106p. 2000.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A.; MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic forest zone, South-eastern Brazil. **Australian Journal of Soil Research**, v.41, p.717-730, 2003.

LI, Y., WHITE, R., CHEN, D., ZHANG, J.B., LI, B.G., ZHANG, Y.M., HUANG, Y.F., EDIS, R., A patially referenced water and nitrogen management model (WNMM) for irrigated intensive cropping systems in the North China Plain, **Ecological Modelling**, v. 203, p. 395–423, 2007.

LOPES, R Environmental externalities in traditional agriculture and the impact of trade liberalization: the case of Ghana, **Journal of Development Economics**, v. 53,p. 17-39, 1997.

MACEDO, I. C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. **Balanço das Emissões de Gases do Efeito Estufa na Produção e no Uso do Etanol no Brasil**. São Paulo: Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2004.

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; CORREA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com

dejeito líquido de suínos e cultivado em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.49, n.8, p.630-638, ago. 2014.

MANN, C. Reseeding the Green Revolution. **Science**: v. 277 n. 5329 p. 1038-1043. 1997.

MANNA, S.; WUSTEMANN, H. Multifunctionality and a new focus on externalities, **The Journal of Socio-Economics**, v. 37, p. 293–307, 2008.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. (tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira) – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF. 2010. 568 p.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). **Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos (Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – Relatório de Referência)**. Coordenação Geral de Mudanças Globais, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF, Brasil, 106 p. 2010.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa - 2ª edição**, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF, Brasil, 168 p. 2014.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). **Fatores de Emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos, Dados até 2015** Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora> Acessado em 25 Jan. 2016

MÜLLER, J. E. **Agroecologia: a semente da sustentabilidade**. Florianópolis: EPAGRI, 2009. 211 p.

NORDBLOM, T. L.; FINLAYSON, J. D.; HUME, I. H. Upstream demand for water use by new tree plantations imposes externalities on downstream irrigated agriculture and wetlands, **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 56, p. 455–474, 2012.

ODUM, H. T. **Environmental accounting, emergy and environmental decision making**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.

ODUM, H.T; BROWN, M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Introduction and Global Budget, Folio #1. In: Handbook of Emery Evaluation**. Gainesville, Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, 2000.

OGURA, Y. **Estudo da sustentabilidade ambiental da produção de Café - Com o uso da contabilidade em emergia**. (Dissertação de Mestrado - Universidade Paulista) UNIP.. 274p. 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. G.; SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; MIRANDA, J. M.; FLORENTINO, L. A. Levantamento de emissão de gases de efeito estufa pela metodologia do carbono equivalente na cultura do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 412 - 419, out./dez. 2015.

ORTEGA, E. **Contabilidade e Diagnóstico de Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Emergia** – 2002. Disponível em: <www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf> Acessado em 20 Nov. 2014

ORTEGA, E. **Tabela de transformidades - (emergia / Joule, emergia / kg, emergia / US\$) de recursos naturais, insumos industriais e produtos de ecossistemas.** Atualização de 2002, Disponível em <http://www.unicamp.br/fea/ortega/index.htm>. Acessado em 30 Nov. 2015

ORTEGA, E.; ANAMI, M.; DINIZ, G. **Cerification of food products using emergy análisis.** In: Proceedings of III Internacional Workshop Advances in Energy Studies: reconsidering the importance of energy. September, 24-28, Porto venere, Italy, p. 227-237, 2002.

ORTEGA, E.; **Contabilidade e Diagnóstico dos Sistemas Usando os Valores dos Recursos Expressos em Emergia.** 2003. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>> Acessado em 08 Nov. 2015

ORTEGA, E.; SARCINELLI, O. **Valoração ambiental em sistemas alternativos de produção de leite. Estudo de caso: búfalo.** In: 3 Congresso Internacional do Leite, Araxá – MG. 4 Dez. 2003.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba RS. 478 p. 2002.

PEREIRA, L. G. R.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; GUIMARAES JÚNIOR, R.; TOMICH, T. R.; REIS, L. G.; COOMBS, C. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. **Rev Colomb Cienc Pecu.** v. 28, p. 124-143, 2015.

RODRÍGUEZ, P. P. P.; MELOII, C. V.; ORTEGA, E. El análisis emergético como herramienta para evaluar la sustentabilidad en dos sistemas productivo, **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 23, n. 4, p. 59-63, 2014.

ROSA, La A. D.; SIRACUSA, G.; CARVALHO, R. Emergy evaluation of Sicilian red orange production: a comparison between organic and conventional farming, **Journal of Cleaner Production** v. 16, p. 1907 – 1914. 2008.

RÓTOLO, G.C.; RYDBERG, T.; LIEBLEIN, G.; FRANCIS, C. Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas Agriculture. **Ecosystems and Environment** v. 119 p. 383–395, 2007.

RYDBERG, T.; HADEN, A. C., Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society, **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 117, p. 58-145, 2006.

SÁ, J.C.M. de; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D.C.; SANTOS J.Z.; SANTOS, J.B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and

agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.136, p.38-50, 2014.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENSKEFILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 65, p. 1486-1499, 2001.

SÁ, J.C.M.; SANTOS, J.B.; CARDOSO, E.G.; JUNIOR, D.S.; FERREIRA, C.F.; OLIVEIRA, A.; SÁ, M.F.M.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S. **Usos alternativos da palhada residual da produção de sementes para pastagens**. São Paulo, Embrapa, p.193-221, 2006.

SELHORST, A.; LAL, R. Net Carbon Sequestration Potential and Emissions in Home Lawn Turfgrasses of the United States **Environmental Management**, v. 51, p. 198–208, 2013.

SINISGALLI P. A. A. Energia como Indicador de Valor para a Análise Econômica-Ecológica, **Megadiversidade**, v. 2, n. 1, Dez. 2006.

SIQUEIRA NETO, M.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR): sequestro de carbono no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33, p. 1013-1022, 2009.

SOARES. W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n.1, p.131-143, 2007.

SOUZA, J. L.; PREZOTTI, L. C.; GUARÇONIM, A. Potencial de seqüestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa, **IDESIA (Chile)**, v. 30, n. 1, Enero-Abril, 2012.

STEWART, F. ;GHANI, E. How Significant Are Externalities for Development? **World Development** v. 19, n. 6, p 569-594, 1991.

ULGIATI S.; BROWN M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of electricity production. **J Cleaner Prod**, v. 10, p. 335- 348, 2002.

UNITED NATIONS. **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**; United Nations: New York, USA, 1998.

VALIATI, M.I.; RICIERI, R.P.; SILVA, S.L.; GRIGOLETO, M.W.; SILVA, W.C.M. **Estimativa da Irradiação Solar Global, para a Região de Cascavel, com Participação Mensal**. In: Congresso e Mostra de Agroinformatica. Ponta Grossa - PR, 18 a 20 de Outubro de 2000.

WADA, D. K.; ORTEGA, E. **Comparação dos Balanços de Energia de Dois Sistemas de Produção de Leite**. In: ORTEGA, E. Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável: Uma introdução à metodologia emergética usando estudos de casos brasileiros. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Unicamp, Campinas, SP. Julho 2003.

WEI, Y.; WHITE, R. HU, K.; WILLET, I. Valuing the environmental externalities of oasis farming in Left Banner, Alxa, **China Ecological Economics**, v. 69, p. 2151–2157, 2010.

WEST, P. C.; GIBBS, H. K.; MONFRED, C.; WAGNER, J.; BARFORD, C. C.; CARPENTER, S. R.; JONATHAN A. Foley Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land, **PNAS**, v. 107, n. 46, p. 19645–19648, November, 2010.

WU, X.; TONG, X.; JIANG, B. Emergy-based sustainability assessment of an integrated production system of cattle, biogas, and greenhouse vegetables: Insight into the comprehensive utilization of wastes on a large-scale farm in Northwest China. **Ecological Engineering**, v. 61, p. 335–334, 2013.

WU, X.; WU, F.; TONG, X.; WU, J.; SUN, L.; PENG, X. Emergy and greenhouse gas assessment of a sustainable, integrated agricultural model (SIAM) for plant, animal and biogas production: Analysis of the ecological recycle of wastes. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 96, p.40–50, 2015.

YUTTITHAM, M.; GHEEWALA, S. H.; CHIDTHAISONG, A. Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 2119–2127, 2011.

ZHANG, X.; JIANG, W.; DENG, S.; PENG, K. Emergy evaluation of the sustainability of Chinese steel production during 1998–2004, **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1030–1038, 2009.

ANEXO A - Fluxo de energia da unidade estudada

Ano 01

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)								2.55E+15	51.4780	
Renováveis (R)								2.53E+15	51.1376	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0458
Chuva	1.43	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.15E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.19E+15	44.1467
Nitrogenio Atmosférico	44.30	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.43E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	3.42E+14	6.9096
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0355
Não Renováveis (N)								1.69E+13	0.3404	
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3393
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)								2.40E+15	48.5220	
Materiais (M):								2.37E+15	47.9021	
Produtos Químicos								2.02E+14	4.0756	
Tratamento de semente (L/ha)	0.05	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	5.86E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.45E+12	0.0293
Herbicida (l/ha)	5.41	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	6.49E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.61E+14	3.2497
Herbicida (kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.46E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.35E+11	0.0047
Inseticida (l/ha)	0.64	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	7.04E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.75E+13	0.3523
Inseticida (Kg/ha)	0.03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.95E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.33E+11	0.0148
Fungicida (L/ha)	0.37	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	4.02E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	9.98E+12	0.2013
Fungicida (Kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.46E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.62E+11	0.0073
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.39	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	4.32E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.07E+13	0.2161
Regulador de crescimento (l/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fertilizantes								1.41E+15	28.5051	
N (kg/ha)	54.81	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.48E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.50E+14	7.0564
P (Kg/ha)	41.02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.10E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	2.70E+14	5.4549
K (Kg/ha)	56.10	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.61E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	8.92E+13	1.7999
Zn (l/ha)	0.90	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	1.16E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.95E+09	0.0000
Mn (l/ha)	0.50	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	6.45E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.08E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	5.14E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	8.63E+07	0.0000
Calcário	703.44	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.03E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	7.03E+14	14.1938
Sementes								1.29E+14	2.6077	
Semente Trigo	32.43	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.24E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	5.45E+13	1.0993
Semente Aveia Preta	22.71	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.27E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.81E+13	0.7698
Semente de Milho	5.86	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.86E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	9.85E+12	0.1987
Semente Soja	15.93	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.59E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.68E+13	0.5399
Combustível								2.31E+14	4.6573	
Óleo diesel	40.20	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.02E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	2.24E+14	4.5262
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1312
Depreciação								2.90E+12	0.0586	

Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0012
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0572
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.96E+14	7.9978
Inoculante	0.09	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.00E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	2.86E+12	0.0577
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4716
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.4685
Serviços (S)									3.07E+13	0.6200
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.4004
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2196
Emergia total (Y)									4.96E+15	100.0000
Produção									5.95E+10	
Trigo	645.33	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		9.16E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	2258.17	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		3.45E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	850.22	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		1.59E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 02

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)					*			2.76E+15	53.0588	
Renováveis (R)								2.74E+15	52.7342	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0436
Chuva	1.41	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.05E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.16E+15	41.5033
Nitrogenio Atmosférico	75.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.50E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	5.80E+14	11.1535
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0338
Não Renováveis (N)								1.69E+13	0.3245	
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3235
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)								2.44E+15	46.9412	
Materiais (M):								2.41E+15	46.3501	
Produtos Químicos								1.90E+14	3.6523	
Tratamento de semente (L/ha)	0.18	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	1.98E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.91E+12	0.0945
Herbicida (l/ha)	4.59	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	5.51E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.37E+14	2.6286
Herbicida (kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.24E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.29E+11	0.0044
Inseticida (l/ha)	0.86	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	9.51E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.36E+13	0.4539
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	0.46	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	5.04E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.25E+13	0.2404
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.44	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	4.83E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.20E+13	0.2305

Regulador de crescimento (l/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fertilizantes									1.51E+15	28.9613
N (kg/ha)	61.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.10E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.89E+14	7.4889
P (Kg/ha)	49.32	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.93E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	3.25E+14	6.2530
K (Kg/ha)	52.45	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.25E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	8.34E+13	1.6044
Zn (l/ha)	0.94	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	1.21E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.04E+09	0.0000
Mn (l/ha)	0.50	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	6.45E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.08E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	5.11E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	8.59E+07	0.0000
Calcário	707.69	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.08E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	7.08E+14	13.6149
Sementes									1.22E+14	2.3404
Semente Trigo	32.83	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.28E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	5.52E+13	1.0612
Semente Aveia Preta	15.93	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.59E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.68E+13	0.5148
Semente de Milho	5.43	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.43E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	9.12E+12	0.1754
Semente Soja	18.22	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.82E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.06E+13	0.5890
Combustível									1.95E+14	3.7514
Óleo diesel	33.78	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.38E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	1.88E+14	3.6263
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1251
Depreciação									2.90E+12	0.0559
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0012
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0546
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.94E+14	7.5889
Inoculante (l/ha)	0.03	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.00E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	9.54E+11	0.0184
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4496
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.1209
Serviços (S)									3.07E+13	0.5911
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3817
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2094
Emergia total (Y)									5.20E+15	100.0000
Produção									7.85E+10	
Trigo	387.69	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		5.50E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	2150.43	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		3.29E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	939.15	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		4.01E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 03

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão	Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %
--------------	----------------	---------	-----------	------------------	---------	------------------------------	----------------------------	--------

Recursos Naturais (I)									2.56E+15	49.0803
Renováveis (R)									2.54E+15	48.7568
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0435
Chuva	1.39	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	6.95E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.13E+15	40.7794
Nitrogenio Atmosférico	53.30	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.33E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	4.12E+14	7.9003
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0337
Não Renováveis (N)									1.69E+13	0.3235
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3225
Água de Poço	150.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)									2.66E+15	50.9197
Materiais (M):									2.62E+15	50.3306
Produtos Químicos									2.29E+14	4.3886
Tratamento de semente (L/ha)	0.19	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.09E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	5.18E+12	0.0994
Herbicida (l/ha)	5.52	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	6.62E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.64E+14	3.1477
Herbicida (kg/ha)	0.02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.80E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.46E+11	0.0085
Inseticida (l/ha)	0.56	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	6.16E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.53E+13	0.2930
Inseticida (Kg/ha)	0.19	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.89E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.68E+12	0.0897
Fungicida (L/ha)	0.62	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	6.83E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.69E+13	0.3247
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.81	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	8.95E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.22E+13	0.4255
Regulador de crescimento (l/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fertilizantes									1.67E+15	32.1079
N (kg/ha)	73.45	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.35E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	4.69E+14	8.9858
P (Kg/ha)	49.50	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.95E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	3.26E+14	6.2553
K (Kg/ha)	54.91	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.49E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	8.73E+13	1.6742
Zn (l/ha)	0.53	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	6.81E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.14E+09	0.0000
Mn (l/ha)	0.50	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	6.45E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.08E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	4.56E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	7.67E+07	0.0000
Calcário	792.31	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.92E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	7.92E+14	15.1925
Sementes									1.29E+14	2.4818
Semente Trigo	36.63	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.66E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	6.15E+13	1.1801
Semente Aveia Preta	18.76	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.88E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.15E+13	0.6044
Semente de Milho	6.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.07E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	1.02E+13	0.1957
Semente Soja	15.57	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.56E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.62E+13	0.5015
Combustível									1.95E+14	3.7390
Óleo diesel	33.78	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.38E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	1.88E+14	3.6143
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1246
Depreciação									2.90E+12	0.0557
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0011
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0544
Maquinas agricolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ³ .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001

Outros									3.94E+14	7.5577
Inoculante (l/ha)	0.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	6.36E+11	0.0122
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4481
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.0974
Serviços (S)									3.07E+13	0.5892
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3805
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2087
Emergia total (Y)									5.22E+15	100.0000
Produção									8.65E+10	
Trigo	813.12	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		1.15E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	2208.70	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		3.37E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	666.41	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		4.12E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 04

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade	(sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %
Recursos Naturais (I)				*					2.58E+15	51.8744
Renováveis (R)									2.56E+15	51.5353
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0456
Chuva	1.35	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	6.75E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.07E+15	41.5242
Nitrogenio Atmosférico	63.90	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.39E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	4.94E+14	9.9302
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0353
Não Renováveis (N)									1.69E+13	0.3391
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3381
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)									2.39E+15	48.1256
Materiais (M):									2.36E+15	47.5079
Produtos Químicos									2.48E+14	4.9950
Tratamento de semente (L/ha)	0.25	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.75E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.82E+12	0.1371
Herbicida (l/ha)	5.51	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	6.61E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.64E+14	3.2944
Herbicida (kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.14E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.82E+11	0.0057
Inseticida (l/ha)	0.73	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	8.00E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.99E+13	0.3991
Inseticida (Kg/ha)	0.17	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.71E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.23E+12	0.0850
Fungicida (L/ha)	0.94	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	1.04E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.57E+13	0.5166
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Óleos e Espalhantes (l/ha)	1.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	1.12E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.77E+13	0.5571
Regulador de crescimento (l/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fertilizantes									1.42E+15	28.6374
N (kg/ha)	67.18	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.72E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	4.29E+14	8.6166

P (Kg/ha)	39.81	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.98E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	2.62E+14	5.2738
K (Kg/ha)	58.80	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.88E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	9.35E+13	1.8796
Zn (l/ha)	0.96	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	1.24E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.07E+09	0.0000
Mn (l/ha)	0.78	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	1.01E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.69E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	5.50E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	9.24E+07	0.0000
Calcário	640.05	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.40E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	6.40E+14	12.8674
Sementes									1.28E+14	2.5654
Semente Trigo	35.83	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.58E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	6.02E+13	1.2100
Semente Aveia Preta	16.59	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.66E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.79E+13	0.5604
Semente de Milho	5.12	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.12E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	8.60E+12	0.1729
Semente Soja	18.42	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.84E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.09E+13	0.6221
Combustível									1.57E+14	3.1617
Óleo diesel	27.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.70E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	1.51E+14	3.0311
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1307
Depreciação									2.90E+12	0.0584
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0012
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0570
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									4.02E+14	8.0900
Inoculante (l/ha)	0.28	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.80E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	8.90E+12	0.1790
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4698
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.4411
Serviços (S)									3.07E+13	0.6177
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3989
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2188
Emergia total (Y)									4.97E+15	100.0000
Produção									6.16E+10	
Trigo	979.75	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		1.39E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1404.48	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		2.15E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	801.87	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		2.62E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 05

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)				*				3.90E+15	61.8619	
Renováveis (R)								3.88E+15	61.5943	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0360
Chuva	2.30	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	1.15E+11	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	3.52E+15	55.8280

Nitrogenio Atmosférico	46.50	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.65E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	3.59E+14	5.7025
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0279
Não Renováveis (N)									1.69E+13	0.2676
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.2668
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0008
Recursos da economia (F)									2.40E+15	38.1381
Materiais (M):									2.37E+15	37.6506
Produtos Químicos									2.14E+14	3.3906
Tratamento de semente (L/ha)	0.20	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.20E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	5.46E+12	0.0866
Herbicida (l/ha)	4.41	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	5.29E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.31E+14	2.0830
Herbicida (kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.85E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.44E+11	0.0039
Inseticida (l/ha)	0.87	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	9.52E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.36E+13	0.3747
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	0.86	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	9.49E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.35E+13	0.3736
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.79E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.92E+10	0.0011
Óleos e Espalhantes (l/ha)	1.05	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	1.16E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.87E+13	0.4553
Regulador de crescimento (l/ha)	0.03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.20E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.93E+11	0.0126
Fertilizantes									1.45E+15	23.0464
N (kg/ha)	56.62	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.66E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.61E+14	5.7308
P (Kg/ha)	42.98	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.30E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	2.83E+14	4.4933
K (Kg/ha)	48.83	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.88E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	7.76E+13	1.2318
Zn (l/ha)	0.40	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	5.20E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	8.74E+08	0.0000
Mn (l/ha)	0.67	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	8.60E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.44E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	4.55E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	7.65E+07	0.0000
Calcário	730.58	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.31E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	7.31E+14	11.5904
Sementes									1.25E+14	1.9893
Semente Trigo	26.66	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.67E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.48E+13	0.7105
Semente Aveia Preta	25.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.50E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.20E+13	0.6664
Semente de Milho	5.92	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.92E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	9.95E+12	0.1578
Semente Soja	14.82	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.48E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.49E+13	0.3951
Semente de Feijão	2.23	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.23E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.75E+12	0.0595
Combustível									1.78E+14	2.8244
Óleo diesel	30.74	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.07E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	1.72E+14	2.7213
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1031
Depreciação									2.90E+12	0.0461
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0009
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0450
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									4.01E+14	6.3539
Inoculante (l/ha)	0.22	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.20E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	7.00E+12	0.1110
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	214.7267
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	5.8721

Serviços (S)									3.07E+13	0.4874
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3148
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.1727
Energia total (Y)									6.30E+15	100.0000
Produção									7.69E+10	
Trigo	442.84	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		6.28E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1993.14	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		3.05E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	582.86	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		3.72E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Feijão	48.64	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5023200		2.93E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 06

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %
Recursos Naturais (I)									2.91E+15
Renováveis (R)									2.89E+15
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12
Chuva	1.49	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.45E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.28E+15
Nitrogenio Atmosférico	78.40	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.84E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	6.06E+14
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12
Não Renováveis (N)									1.69E+13
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13
Água de Poço	150.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10
Recursos da economia (F)									2.11E+15
Materiais (M):									2.08E+15
Produtos Químicos									2.09E+14
Tratamento de semente (L/ha)	0.13	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	1.43E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.55E+12
Herbicida (l/ha)	5.15	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	6.18E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.53E+14
Herbicida (kg/ha)	0.01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		8.68E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.15E+11
Inseticida (l/ha)	0.41	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	4.50E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.12E+13
Inseticida (Kg/ha)	0.04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.58E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	8.87E+11
Fungicida (L/ha)	0.72	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	7.90E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.96E+13
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.53E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.28E+10
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.73	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	8.07E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.00E+13
Regulador de crescimento (l/ha)	0.03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.69E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.66E+11
Fertilizantes									1.10E+15
N (kg/ha)	39.25	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.93E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	2.50E+14
P (Kg/ha)	44.18	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.42E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	2.91E+14
K (Kg/ha)	38.86	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.89E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	6.18E+13

Zn (l/ha)	0.13	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	1.63E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.73E+08	0.0000
Mn (l/ha)	0.52	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	6.76E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.13E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.05	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	6.12E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.03E+08	0.0000
Calcário	497.38	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.97E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	4.97E+14	9.9071
Sementes									1.17E+14	2.3283
Semente Trigo	14.68	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.47E+13	0.4914
Semente Aveia Preta	32.84	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.28E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	5.52E+13	1.0988
Semente de Milho	4.06	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.06E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	6.82E+12	0.1359
Semente Soja	17.40	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.74E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.92E+13	0.5823
Semente de Feijão	0.59	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.91E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	9.93E+11	0.0198
Combustível									2.52E+14	5.0099
Óleo diesel	43.91	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.39E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	2.45E+14	4.8804
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1295
Depreciação									2.90E+12	0.0578
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0012
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0565
Maquinas agricolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									4.02E+14	8.0028
Inoculante (l/ha)	0.26	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.60E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	8.27E+12	0.1647
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4655
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.3726
Serviços (S)									3.07E+13	0.6120
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3952
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2168
Energia total (Y)									5.02E+15	100.0000
Produção									5.94E+10	
Trigo	302.91	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		4.30E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1477.04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		2.26E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	982.75	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		2.76E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Feijão	27.76	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5023200		4.94E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 07

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)				*				2.96E+15	55.1944	
Renováveis (R)								2.94E+15	54.8796	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0423
Chuva	1.51	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.55E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.31E+15	43.1118

Nitrogenio Atmosférico	81.06	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		8.11E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	6.27E+14	11.6927
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0328
Não Renováveis (N)									1.69E+13	0.3148
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3138
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)									2.40E+15	44.8056
Materiais (M):									2.37E+15	44.2322
Produtos Químicos									2.44E+14	4.5535
Tratamento de semente (L/ha)	0.15	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	1.65E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.09E+12	0.0764
Herbicida (l/ha)	5.59	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	6.71E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.66E+14	3.1030
Herbicida (kg/ha)	0.0020	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.97E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.90E+10	0.0009
Inseticida (l/ha)	0.51	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	5.63E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.40E+13	0.2605
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	1.39	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	1.53E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.80E+13	0.7088
Fungicida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.75	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	8.25E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.05E+13	0.3817
Regulador de crescimento (l/ha)	0.05	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.81E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.19E+12	0.0223
Fertilizantes									1.34E+15	25.0528
N (kg/ha)	50.44	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.04E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.22E+14	6.0055
P (Kg/ha)	54.16	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.42E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	3.57E+14	6.6602
K (Kg/ha)	50.82	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.08E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	8.08E+13	1.5078
Zn (l/ha)	0.47	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	6.05E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.02E+09	0.0000
Mn (l/ha)	1.27	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	1.64E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.75E+09	0.0001
CoMo (l/ha)	0.04	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	5.58E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	9.38E+07	0.0000
Calcário	583.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.83E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	5.83E+14	10.8792
Sementes									1.42E+14	2.6452
Semente Trigo	27.59	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.76E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.64E+13	0.8651
Semente Aveia Preta	33.32	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.33E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	5.60E+13	1.0447
Semente de Milho	4.86	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.86E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	8.17E+12	0.1524
Semente Soja	17.31	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.73E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.91E+13	0.5428
Semente de Feijão	1.28	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.28E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.16E+12	0.0402
Combustível									2.43E+14	4.5300
Óleo diesel	42.34	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.23E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	2.36E+14	4.4087
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1213
Depreciação									2.90E+12	0.0542
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0011
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0529
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.96E+14	7.3965
Inoculante (l/ha)	0.09	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.00E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	2.86E+12	0.0534
Lenha	0.30	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+13	0.4361
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	6.9070

Serviços (S)									3.07E+13	0.5734
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3703
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2031
Energia total (Y)									5.36E+15	100.0000
Produção									7.69E+10	
Trigo	515.79	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		7.32E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1901.63	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		2.91E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	1000.40	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		3.55E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Feijão	41.08	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5023200		5.03E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 08

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)					*			3.02E+15	58.6720	
Renováveis (R)								3.00E+15	58.3443	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0441
Chuva	1.48	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.40E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.26E+15	43.9919
Nitrogenio Atmosférico	95.05	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.51E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	7.35E+14	14.2742
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0341
Não Renováveis (N)								1.69E+13	0.3277	
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.3267
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0010
Recursos da economia (F)								2.13E+15	41.3280	
Materiais (M):								2.10E+15	40.7311	
Produtos Quimicos								3.24E+14	6.3021	
Tratamento de semente (L/ha)	0.23	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.53E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.27E+12	0.1219
Herbicida (l/ha)	7.09	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	8.51E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.11E+14	4.0989
Herbicida (kg/ha)	0.0009	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.05E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.25E+10	0.0004
Inseticida (l/ha)	0.71	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	7.76E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.92E+13	0.3738
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	2.08	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	2.28E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	5.66E+13	1.1002
Fungicida (Kg/ha)	0.34	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.36E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	8.34E+12	0.1620
Óleos e Espalhantes (l/ha)	0.80	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	8.78E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.18E+13	0.4230
Regulador de crescimento (l/ha)	0.05	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.53E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.12E+12	0.0218
Fertilizantes								1.03E+15	19.9621	
N (kg/ha)	38.36	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.84E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	2.45E+14	4.7550
P (Kg/ha)	53.11	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.31E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	3.50E+14	6.8002
K (Kg/ha)	50.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.01E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	7.96E+13	1.5467
Zn (l/ha)	0.12	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	1.58E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.66E+08	0.0000
Mn (l/ha)	0.12	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	1.58E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	2.66E+08	0.0000

CoMo (l/ha)	0.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	2.97E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	4.99E+07	0.0000
Calcário	353.12	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.53E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	3.53E+14	6.8603
Sementes									1.31E+14	2.5540
Semente Trigo	25.65	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.56E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.31E+13	0.8371
Semente Aveia Preta	24.90	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.49E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.18E+13	0.8127
Semente de Milho	3.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.07E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	5.15E+12	0.1001
Semente Soja	23.03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.30E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.87E+13	0.7518
Semente de Feijão	1.60	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.60E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.69E+12	0.0522
Combustível									2.34E+14	4.5460
Óleo diesel	40.77	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.08E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	2.27E+14	4.4197
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1263
Depreciação									2.90E+12	0.0564
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0012
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0551
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.76E+14	7.3104
Inoculante (l/ha)	0.12	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.20E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	3.82E+12	0.0741
Lenha	0.03	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.43E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	2.34E+12	0.0454
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	7.1909
Serviços (S)									3.07E+13	0.5969
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3855
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.2114
Energia total (Y)									5.15E+15	100.0000
Produção									5.61E+10	
Trigo	449.62	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		6.38E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1282.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		1.96E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	1238.10	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		2.39E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Feijão	68.38	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5023200		6.22E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 09

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)				*				3.11E+15	54.6133	
Renováveis (R)								3.10E+15	54.3173	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0398
Chuva	1.57	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.85E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.40E+15	42.1429
Nitrogenio Atmosférico	89.25	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		8.93E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	6.90E+14	12.1038

Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0308
Não Renováveis (N)									1.69E+13	0.2960
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.2951
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0009
Recursos da economia (F)									2.59E+15	45.3867
Materiais (M):									2.56E+15	44.8477
Produtos Químicos									3.36E+14	5.8941
Tratamento de semente (L/ha)	0.26	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.84E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.05E+12	0.1236
Herbicida (l/ha)	6.69	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	8.03E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.99E+14	3.4934
Herbicida (kg/ha)	0.0014	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.41E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.49E+10	0.0006
Inseticida (l/ha)	0.76	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	8.37E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.08E+13	0.3644
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	2.35	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	2.59E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.41E+13	1.1248
Fungicida (Kg/ha)	0.35	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.51E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	8.69E+12	0.1525
Óleos e Espalhantes (l/ha)	1.26	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	1.39E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.44E+13	0.6042
Regulador de crescimento (l/ha)	0.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.05E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.75E+12	0.0307
Fertilizantes									1.44E+15	25.2604
N (kg/ha)	51.09	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.11E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.26E+14	5.7189
P (Kg/ha)	77.86	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.79E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	5.13E+14	9.0018
K (Kg/ha)	60.39	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.04E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	9.60E+13	1.6845
Zn (l/ha)	0.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	0.00E+00	0.0000
Mn (l/ha)	0.64	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	8.26E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.39E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	2.38E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	3.99E+07	0.0000
Calcário	504.73	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.05E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	5.05E+14	8.8551
Sementes									1.40E+14	2.4556
Semente Trigo	39.92	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.99E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	6.71E+13	1.1767
Semente Aveia Preta	18.09	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.81E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.04E+13	0.5331
Semente de Milho	4.48	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.48E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	7.53E+12	0.1322
Semente Soja	18.43	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.84E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.10E+13	0.5433
Semente de Feijão	2.38	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.38E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.01E+12	0.0703
Combustível									2.61E+14	4.5840
Óleo diesel	45.66	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.57E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	2.55E+14	4.4700
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1140
Depreciação									2.90E+12	0.0509
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0010
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0498
Maquinas agrícolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.76E+14	6.6027
Inoculante (l/ha)	0.09	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		9.00E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	2.86E+12	0.0502
Lenha	0.04	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	2.04E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	3.35E+12	0.0588
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	6.4938

Serviços (S)									3.07E+13	0.5390
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3481
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.1909
Energia total (Y)									5.70E+15	100.0000
Produção									8.01E+10	
Trigo	866.58	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		1.23E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1835.15	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		2.80E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	1095.77	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		3.43E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Feijão	91.03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5023200		5.50E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 10

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)					*			3.14E+15	54.2489	
Renováveis (R)								3.13E+15	53.9577	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0392
Chuva	1.61	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	8.05E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.46E+15	42.5283
Nitrogenio Atmosférico	85.12	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		8.51E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	6.58E+14	11.3598
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0303
Não Renováveis (N)								1.69E+13	0.2912	
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.2904
Água de Poço	150.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.50E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.17E+10	0.0009
Recursos da economia (F)								2.65E+15	45.7511	
Materiais (M):								2.62E+15	45.2206	
Produtos Químicos								3.76E+14	6.4922	
Tratamento de semente (L/ha)	0.29	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	3.17E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.87E+12	0.1358
Herbicida (l/ha)	7.32	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	8.79E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.18E+14	3.7633
Herbicida (kg/ha)	0.0029	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.93E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.27E+10	0.0013
Inseticida (l/ha)	1.01	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	1.11E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.76E+13	0.4773
Inseticida (Kg/ha)	0.36	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.62E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	8.98E+12	0.1551
Fungicida (L/ha)	2.60	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	2.86E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.10E+13	1.2260
Fungicida (Kg/ha)	0.36	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.62E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	8.98E+12	0.1551
Óleos e Espalhantes (l/ha)	1.15	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	1.26E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	3.13E+13	0.5407
Regulador de crescimento (l/ha)	0.09	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		8.81E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.19E+12	0.0377
Fertilizantes								1.40E+15	24.2003	
N (kg/ha)	46.71	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.67E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	2.98E+14	5.1456
P (Kg/ha)	72.16	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.22E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	4.76E+14	8.2096
K (Kg/ha)	72.74	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.27E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	1.16E+14	1.9967
Zn (l/ha)	0.29	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	3.74E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	6.28E+08	0.0000
Mn (l/ha)	0.16	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	2.05E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	3.44E+08	0.0000
CoMo (l/ha)	0.02	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	2.80E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	4.71E+07	0.0000
Calcário	512.51	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.13E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	5.13E+14	8.8484

Sementes									1.44E+14	2.4812
Semente Trigo	42.81	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		4.28E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	7.19E+13	1.2418
Semente Aveia Preta	17.02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.70E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.86E+13	0.4938
Semente de Milho	2.67	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.67E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.49E+12	0.0775
Semente Soja	21.73	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.17E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.65E+13	0.6303
Semente Milho silagem	1.30	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.30E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	2.19E+12	0.0377
Combustível									3.19E+14	5.5139
Óleo diesel	56.07	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.61E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	3.13E+14	5.4016
Gasolina	2.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.00E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	6.50E+12	0.1122
Depreciação									2.90E+12	0.0501
Construções em Alvenaria	3.17	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	2.47E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	5.98E+10	0.0010
Aço (equipamentos)	14.11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	4.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	2.84E+12	0.0490
Maquinas agricolas	11	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.30E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	3.73E+09	0.0001
Aço (edificações)	2.12	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	6.36E-04	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.26E+09	0.0001
Outros									3.76E+14	6.4830
Inoculante (l/ha)	0.11	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.10E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	3.50E+12	0.0604
Lenha	0.02	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.14E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	1.87E+12	0.0323
Energia elétrica	1530	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.51E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.70E+14	6.3903
Serviços (S)									3.07E+13	0.5305
Mão-de-obra simples	1.58	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	1.65E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	1.98E+13	0.3426
Mão-de-obra técnica	0.26	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.72E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.09E+13	0.1879
Emergia total (Y)									5.79E+15	100.0000
Produção									4.87E+10	
Trigo	924.29	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		1.31E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1047.40	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		1.60E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	1124.57	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		1.96E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

Ano 11

Contribuição	Valor numérico	Unidade	Conversão		Valor Convertido	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Fluxo de eMergia (sej/ano)	Peso %	
Recursos Naturais (I)					*			3.22E+15	52.3009	
Renováveis (R)								3.21E+15	52.0272	
Sol	4.5	KWh.m ⁻² .ano ⁻¹	5.04E+11	1	2.27E+12	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00	J	2.27E+12	0.0368
Chuva	1.58	m ³ .m ⁻² .ano ⁻¹	5.00E+10	2	7.90E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.06E+04	J	2.42E+15	39.2248
Nitrogenio Atmosférico	101.55	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.02E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	7.73E+12	Kg	7.85E+14	12.7371
Vento	1.69	m.s ⁻¹	4.16E+08	3	7.03E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.50E+03	J	1.76E+12	0.0285
Não Renováveis (N)								1.69E+13	0.2738	
Perda do solo	1200	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+05	4	1.36E+08	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.24E+05	J	1.68E+13	0.2729
Água de Poço	156.00	l. ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.00E+03	5	7.80E+05	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.89E+04	J	5.37E+10	0.0009

Recursos da economia (F)								2.94E+15	47.6991	
Materiais (M):								2.89E+15	46.8222	
Produtos Químicos								3.80E+14	6.1599	
Tratamento de semente (L/ha)	0.25	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	6	2.76E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.84E+12	0.1110
Herbicida (l/ha)	6.24	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00	7	7.49E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.86E+14	3.0143
Herbicida (kg/ha)	0.0032	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.21E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	7.96E+10	0.0013
Inseticida (l/ha)	0.80	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	8	8.79E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	2.18E+13	0.3537
Inseticida (Kg/ha)	0.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	0.00E+00	0.0000
Fungicida (L/ha)	2.26	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	9	2.49E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	6.16E+13	1.0002
Fungicida (Kg/ha)	1.76	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.76E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	4.37E+13	0.7090
Óleos e Espalhantes (l/ha)	2.11	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00	10	2.32E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	5.76E+13	0.9347
Regulador de crescimento (l/ha)	0.07	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.77E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.48E+13	Kg	1.68E+12	0.0272
Medicamentos	0.01	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.10E+00		1.32E-02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.48E+13	Kg	1.95E+11	0.0267
Produtos de limpeza	0.43	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+00		5.16E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+11	Kg	3.29E+11	0.0449
Fertilizantes								1.58E+15	25.6345	
N (kg/ha)	56.25	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.63E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.38E+12	Kg	3.59E+14	5.8236
P (Kg/ha)	57.13	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		5.71E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.59E+12	Kg	3.77E+14	6.1092
K (Kg/ha)	70.20	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.02E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.59E+12	Kg	1.12E+14	1.8111
Zn (l/ha)	0.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	11	0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	0.00E+00	0.0000
Mn (l/ha)	0.79	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	12	1.02E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	1.72E+09	0.0000
CoMo (l/ha)	0.00	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.29E+00	13	0.00E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+09	Kg	0.00E+00	0.0000
Calcário	732.81	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		7.33E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+12	Kg	7.33E+14	11.8906
Sementes								1.42E+14	2.3064	
Semente Trigo	38.35	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.83E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	6.44E+13	1.0453
Semente Aveia silagem	2.46	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.46E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	4.13E+12	0.0670
Semente Aveia Preta	17.84	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.78E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.00E+13	0.4863
Semente de Milho	2.35	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.35E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.95E+12	0.0641
Semente Soja	21.81	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.18E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.66E+13	0.5946
Semente Milho silagem	1.80	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.80E+00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.68E+12	Kg	3.02E+12	0.0490
Combustível								3.95E+14	6.4095	
Óleo diesel	69.23	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		6.92E+01	L.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	5.58E+12	J	3.86E+14	6.2682
Gasolina	2.68	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.68E+00	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.25E+12	J	8.71E+12	0.1413
Depreciação								4.31E+12	0.0699	
Construções em Alvenaria	6.5	m ² .ha ⁻¹	7.80E+00	14	5.07E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.42E+09	Kg	1.23E+11	0.0020
Aço (equipamentos)	20.75	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	15	6.23E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	4.17E+12	0.0677
Maquinas agrícolas	13	Kg.ha ⁻¹	3.00E-02	16	3.90E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.13E+10	Kg	4.41E+09	0.0001
Aço (edificações)	4.73	m ² .ha ⁻¹	3.00E-04	17	1.42E-03	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.70E+12	Kg	9.51E+09	0.0002
Outros								3.85E+14	6.2419	
Ração	343.76	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		3.44E+02	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.00E+10	Kg	6.88E+12	0.1116
Sal mineral	25.00	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		2.50E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	2.00E+10	Kg	5.00E+11	0.0081
Inoculante (l/ha)	0.11	l.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.00E+00		1.10E-01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.18E+13	Kg	3.50E+12	0.0568
Lenha	0.02	m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.75E+02	18	1.14E+01	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.64E+11	Kg	1.87E+12	0.0303
Energia elétrica	1537.47	kWh.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	3.60E+06	19	5.53E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	6.72E+04	J	3.72E+14	6.0352

Serviços (S)									5.40E+13	0.8769
Mão-de-obra simples	3.37	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	20	3.53E+07	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.20E+06	J	4.23E+13	0.6867
Mão-de-obra técnica	0.28	d.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1.05E+07	21	2.93E+06	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	4.00E+06	J	1.17E+13	0.1902
Emergia total (Y)									6.16E+15	100.0000
Produção									5.08E+10	
Trigo	947.41	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	14190540		1.34E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Milho	1053.45	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	15278900		1.61E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Soja	1381.52	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	18669560		1.97E+10	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				
Leite	2260.37	Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	1172080		1.62E+09	J.ha ⁻¹ .ano ⁻¹				

*Conversões utilizadas

1 - Sol			
Radiação solar		$\text{KWh.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	
Albedo	14	%	
Conversão	$(\text{KWh.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}) * (\text{albedo}) * (10000 \text{m}^2.\text{ha}^{-1}) * (3600000 \text{ J.KWh}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{J.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
2 - Chuva:			
Pluviosidade		$\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	
Energia da água	5000	J.Kg^{-1}	Energia livre de Gibbs
Densidade da água	1000	Kg.m^{-3}	
Conversão	$(\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}) * (\text{J.Kg}^{-1}) * (\text{Kg.m}^{-3}) * (10000 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{J.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
3 - Vento			
Densidade do ar	1,3	Kg.m^{-3}	
Média anual de velocidade		m.s^{-1}	
Vento geotrópico		m.s^{-1}	60% da média anual
Coefficiente de arraste	0,001	adimensional	
Conversão	$(\text{Kg.m}^{-3}) * (\text{m.s}^{-1}) * (\text{m.s}^{-1}) * 0,001 * (10000 \text{m}^2.\text{ha}^{-1}) * 31,56.10^6 \text{ s.ano}^{-1}$		
Fluxo de energia		$\text{J.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
4 - Perda de Solo			
Solo perdido		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
Matéria orgânica		$(\text{Kg m.o}) * (\text{Kg solo})^{-1}$	
Energia da m.o	5400	$\text{Kcal.}(\text{Kg m.o})^{-1}$	
Conversão	$(\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}) * (\text{Kg m.o. Kg solo}^{-1}) * (\text{Kcal.Kg m.o}^{-1}) * (4186 \text{ J.Kcal}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{J.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
5 - Água de Poço			
Volume utilizado		$\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$	
Energia da água	5000	J.Kg^{-1}	Energia livre de Gibbs
Densidade da água	1000	Kg.m^{-3}	
Conversão	$(\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}) * (\text{J.Kg}^{-1}) * (\text{Kg.m}^{-3}) * (10000 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{J.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
6 - Tratamento de semente; 8 – Inseticida; 9 – Fungicida; 10 - Óleos e Espalhantes			
Consumo		$\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
Densidade média	1,10	Kg.l^{-1}	
Conversão	$(\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}) * (\text{Kg.l}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
7 - Herbicida			
Consumo		$\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
Densidade média	1,20	Kg.l^{-1}	
Conversão	$(\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}) * (\text{Kg.l}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
11 – Zn (l); 12 – Mn (l); 13- CoMo (l)			
Consumo		$\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
Densidade média	1,29	Kg.l^{-1}	
Conversão	$(\text{l.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}) * (\text{Kg.l}^{-1})$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
14 - Construções em Alvenaria			
Unidade		$\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$	
Peso médio específico	195	Kg. m^2	
Vida útil	25	anos	
Conversão	$[(\text{m}^2.\text{ha}^{-1}) * (\text{Kg. m}^2)] / 25$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
15 - Aço (equipamentos); 16 - Maquinas agrícolas			
Unidade		Kg.ha^{-1}	
Vida útil	30	anos	
Conversão	$(\text{Kg.ha}^{-1}) / 30$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
17 - Aço (edificações)			
Unidade		$\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$	
Peso médio específico	9	Kg. m^2	
Vida útil	30	anos	
Conversão	$[(\text{m}^2.\text{ha}^{-1}) * (\text{Kg. m}^2)] / 30$		
Fluxo de energia		$\text{Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$	
18 - Lenha			

Consumo		$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$
Peso médio	475	$\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Conversão	$(\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}) * (\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3})$	
Fluxo de energia		$\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$
19 - Energia elétrica		
Consumo		$\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$
Fator	3600000	$\text{J} \cdot \text{KWh}^{-1}$
Conversão	$(\text{kWh} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}) * (\text{J} \cdot \text{KWh}^{-1})$	
Fluxo de energia		$\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$
20 - Mão-de-obra simples; 21 – Mão de obra técnica		
Total dia ano aplicado		$\text{dia} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$
Energia metabolizada dia	2500	$\text{Kcal} \cdot \text{dia}^{-1}$
Conversão	$(\text{dia} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}) * (\text{Kcal} \cdot \text{dia}^{-1}) * (4186 \text{ J} \cdot \text{Kcal}^{-1})$	
Fluxo de energia		$\text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

ANEXO B - Balanço de Carbono no solo

Cultura	Inverno 2005		Verão 2005-06		Inverno 2006		Verão 2006-07		Inverno 2007		Verão 2007-08	
	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja
Produção (Mg ha⁻¹)	2.99	3.40	9.63	3.20	1.65	3.50	9.12	3.16	3.06	3.70	8.36	2.83
Fitomassa seca de parte aérea (Mg ha⁻¹)	2.84	3.40	10.59	2.85	1.57	3.50	10.03	2.81	2.91	3.70	9.20	2.51
Fitomassa de raízes (Mg ha⁻¹)	0.45	0.78	2.41	0.64	0.25	0.81	2.28	0.63	0.46	0.85	2.09	0.57
Total de fitomassa seca (Mg ha⁻¹)	3.28	4.18	13.00	3.49	1.82	4.31	12.31	3.44	3.37	4.55	11.29	3.08
Entrada total de C (Mg ha⁻¹)	1.48	1.83	5.91	1.38	0.82	1.89	5.60	1.36	1.52	1.99	5.14	1.22
Entrada por safra de C (Mg ha⁻¹)	3.31		7.29		2.70		6.96		3.51		6.35	
Entrada anual de C (Mg ha⁻¹)			10.60				9.66				9.86	
K₁A anual (Mg ha⁻¹)			2.81				2.56				2.61	
Estoque de C (Mg ha⁻¹)			13.76				16.19				18.32	
Estoque de C anual (Mg ha⁻¹)			16.57				18.75				20.93	
K₂			0.023				0.023				0.023	
K₂C			-0.38				-0.43				-0.48	
Balanco de C			2.43				2.13				2.13	
Estoque de C			16.19				18.32				20.45	

Cultura	Inverno 2008		Verão 2008-09		Inverno 2009		Verão 2009-10			Inverno 2010		Verão 2010-11		
	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Feijão	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Feijão
Produção (Mg ha⁻¹)	3.69	3.20	6.58	2.82	2.66	3.20	8.42	2.48	1.744	3.38	3.10	9.09	3.11	1.315
Fitomassa seca de parte aérea (Mg ha⁻¹)	3.51	3.20	7.24	2.51	2.53	3.20	9.26	2.20	1.55	3.21	3.10	10.00	2.76	1.17
Fitomassa de raízes (Mg ha⁻¹)	0.55	0.74	1.65	0.56	0.40	0.74	2.10	0.50	0.35	0.51	0.71	2.27	0.62	0.26
Total de fitomassa seca (Mg ha⁻¹)	4.06	3.94	8.89	3.07	2.92	3.94	11.36	2.70	1.90	3.72	3.81	12.27	3.39	1.43
Entrada total de C (Mg ha⁻¹)	1.83	1.72	4.04	1.21	1.32	1.72	5.17	1.07	0.75	1.67	1.67	5.58	1.34	0.57
Entrada por safra de C (Mg ha⁻¹)	3.55		5.26		3.04		6.99			3.34		7.49		
Entrada anual de C (Mg ha⁻¹)			8.81				10.03					10.83		
K₁A anual (Mg ha⁻¹)			2.33				2.66					2.87		
Estoque de C (Mg ha⁻¹)			20.45				22.26					24.34		
Estoque de C anual (Mg ha⁻¹)			22.78				24.92					27.22		
K₂			0.023				0.023					0.023		
K₂C			-0.52				-0.57					-0.63		
Balanco de C			1.81				2.08					2.24		
Estoque de C			22.26				24.34					26.59		

Cultura	Inverno 2011		Verão 2011-12			Inverno 2012		Verão 2012-13			Inverno 2013		Verão 2013-14		
	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Feijão	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Feijão	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Feijão
Produção (Mg ha⁻¹)	3.215	3.2	9.78	3.467	1.76	2.98	3.50	10.45	3.23	2.35	3.69	3.40	10.23	3.57	2.1
Fitomassa seca de parte aérea (Mg ha⁻¹)	3.05	3.20	10.76	3.09	1.57	2.83	3.50	11.50	2.87	2.09	3.51	3.40	11.25	3.17	1.87
Fitomassa de raízes (Mg ha⁻¹)	0.48	0.74	2.45	0.69	0.35	0.45	0.81	2.61	0.65	0.47	0.55	0.78	2.56	0.71	0.42
Total de fitomassa seca (Mg ha⁻¹)	3.54	3.94	13.20	3.78	1.92	3.28	4.31	14.11	3.52	2.56	4.06	4.18	13.81	3.89	2.29
Entrada total de C (Mg ha⁻¹)	1.59	1.72	6.01	1.49	0.76	1.48	1.89	6.42	1.39	1.01	1.83	1.83	6.28	1.54	0.90
Entrada por safra de C (Mg ha⁻¹)	3.32		8.26			3.36		8.82			3.66		8.72		
Entrada anual de C (Mg ha⁻¹)			11.57					12.18					12.38		
K₁A anual (Mg ha⁻¹)			3.07					3.23					3.28		
Estoque de C (Mg ha⁻¹)			26.59					28.97					31.46		
Estoque de C anual (Mg ha⁻¹)			29.66					32.20					34.74		
K₂			0.023					0.023					0.023		
K₂C			-0.68					-0.74					-0.80		
Balanco de C			2.38					2.49					2.48		
Estoque de C			28.97					31.46					33.94		

Cultura	Inverno 2014		Verão 2014-15			Inverno 2015			Verão 2015-16		
	Trigo	Aveia Preta	Milho	Soja	Milho silagem	Trigo	Aveia silagem	Aveia Preta	Milho	Soja	Milho silagem
Produção (Mg ha ⁻¹)	3.67	3.80	9.80	3.11	9.8	4.2	4.5	4.5	11.2	3.8	11.2
Fitomassa seca de parte aérea (Mg ha ⁻¹)	3.49	3.80	10.78	2.76	0.00	3.99	0.00	4.50	12.32	3.38	0.00
Fitomassa de raízes (Mg ha ⁻¹)	0.55	0.87	2.45	0.62	1.96	0.63	1.04	1.04	2.80	0.76	2.24
Total de fitomassa seca (Mg ha ⁻¹)	4.04	4.67	13.23	3.38	1.96	4.62	1.04	5.54	15.12	4.14	2.24
Entrada total de C (Mg ha ⁻¹)	1.82	2.05	6.02	1.34	0.77	2.08	0.45	2.42	6.88	1.64	0.88
Entrada por safra de C (Mg ha ⁻¹)	3.86		8.13			4.96		9.40			
Entrada anual de C (Mg ha ⁻¹)			11.99					14.36			
K ₁ A anual (Mg ha ⁻¹)			3.18					3.80			
Estoque de C (Mg ha ⁻¹)			33.94					36.27			
Estoque de C anual (Mg ha ⁻¹)			37.12					40.07			
K ₂			0.023					0.023			
K ₂ C			-0.85					-0.92			
Balanco de C			2.32					2.88			
Estoque de C			36.27					39.15			

ANEXO C - Inventário de Gases de Efeito Estufa – GEE

Aplicação de fertilizantes orgânicos

Safra	Área	Cultura	Fertilizante Orgânico (Kg ha ⁻¹)	N ₂ O _{AD.ORG}	N ₂ O (Mg)
Inverno 2005	646.40	Trigo	0	0	0
	848.70	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2005-06	701.20	Milho	0	0	0
	793.67	Soja	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2006	701.20	Trigo	0	0	0
	793.67	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2006-07	705.27	Milho	0	0	0
	789.60	Soja	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2007	793.67	Trigo	0	0	0
	701.20	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2007-08	789.60	Milho	0	0	0
	705.27	Soja	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2008	789.60	Trigo	0	0	0
	705.27	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2008-09	634.81	Milho	0	0	0
	845.77	Soja	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2009	493.35	Trigo	0	0	0
	987.23	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2009-10	701.20	Milho	0	0	0
	696.79	Soja	0	0	0
	82.59	Feijão	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2010	265.14	Trigo	0	0	0
	1215.44	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2010-11	481.16	Milho	0	0	0
	936.92	Soja	0	0	0
	62.50	Feijão	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2011	481.16	Trigo	0	0	0
	999.42	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2011-12	583.15	Milho	0	0	0
	865.39	Soja	0	0	0
	70	Feijão	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2012	452.5	Trigo	0	0	0
	1066.83	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2012-13	367.95	Milho	0	0	0
	1151.38	Soja	0	0	0
	87.27	Feijão	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2013	704.33	Trigo	0	0	0
	904.14	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2013-14	538.01	Milho	0	0	0
	921.32	Soja	0	0	0
	130	Feijão	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2014	755.33	Trigo	0	0	0
	850.98	Aveia Preta	0	0	0
Verão 2014-15	320.54	Milho	0	0	0
	1086.22	Soja	0	0	0
	156.07	Milho silagem	0	0	0
TOTAL			0	0	0
Inverno 2015	676.52	Trigo	3698.074	473.353	0.473
	122.83	Aveia silagem	3698.074	473.353	0.473
	891.77	Aveia Preta	3698.074	473.353	0.473
Verão 2015-16	282.09	Milho	3698.074	473.353	0.473
	1090.35	Soja	3698.074	473.353	0.473
	215.84	Milho silagem	3699.074	473.481	0.473
TOTAL			22189.444	2840.248	2.840

Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos

Safra	Área	Cultura	N (kg ha ⁻¹)	N total (Kg)	N ₂ O _{FERT} (kg)	N ₂ O _{FERT} (Mg)	CO2 eq (Mg)
Inverno 2005	646.4	Trigo	30	19392	5.8176	0.006	16.23
	848.7	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
		Preta					
Verão 2005-06	701.2	Milho	148	103777.6	31.133	0.031	86.86
	793.67	Soja	0	0	0	0.000	0.00
TOTAL						0.04	103.09
Inverno 2006	701.2	Trigo	92	64510.4	19.353	0.019	54.00
	793.67	Aveia	4.6	3650.882	1.0953	0.001	3.06
		Preta					
Verão 2006-07	705.27	Milho	162	114253.7	34.276	0.034	95.63
	789.6	Soja	0	0	0	0.000	0.00
TOTAL						0.05	152.68
Inverno 2007	793.67	Trigo	24.1	19127.45	5.7382	0.006	16.01
	701.2	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
		Preta					
Verão 2007-08	789.6	Milho	42	33163.2	9.949	0.010	27.76
	705.27	Soja	0	0	0	0.000	0.00
TOTAL						0.02	43.77
Inverno 2008	789.6	Trigo	28	22108.8	6.6326	0.007	18.51
	705.27	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
		Preta					
Verão 2008-09	634.81	Milho	42	26662.02	7.9986	0.008	22.32
	845.77	Soja	0	0	0	0.000	0.00
TOTAL						0.01	40.82
Inverno 2009	493.35	Trigo	99	48841.65	14.652	0.015	40.88
	987.23	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
		Preta					
Verão 2009-10	701.2	Milho	20	14024	4.2072	0.004	11.74
	696.79	Soja	5.6	3902.024	1.1706	0.001	3.27
	82.59	Feijão	7.9	652.461	0.1957	0.000	0.55
TOTAL						0.02	56.43
Inverno 2010	265.14	Trigo	99	26248.86	7.8747	0.008	21.97
	1215.4	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
	4	Preta					
Verão 2010-11	481.16	Milho	20	9623.2	2.887	0.003	8.05
	936.92	Soja	10.6	9931.352	2.9794	0.003	8.31
	62.5	Feijão	20	1250	0.375	0.000	1.05
TOTAL						0.01	39.38
Inverno 2011	481.16	Trigo	108	51965.28	15.59	0.016	43.49
	999.42	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
		Preta					
Verão 2011-12	583.15	Milho	128	74643.2	22.393	0.022	62.48
	865.39	Soja	0	0	0	0.000	0.00
	70	Feijão	105	7350	2.205	0.002	6.15
TOTAL						0.04	112.12
Inverno 2012	452.5	Trigo	104.5	47286.25	14.186	0.014	39.58
	1066.8	Aveia	0	0	0	0.000	0.00
	3	Preta					
Verão 2012-13	367.95	Milho	91	33483.45	10.045	0.010	28.03
	1151.3	Soja	0	0	0	0.000	0.00
	8						
	87.27	Feijão	57	4974.39	1.4923	0.001	4.16
TOTAL						0.03	71.77
Inverno 2013	704.33	Trigo	62	43668.46	13.101	0.013	36.55

	904.14	Aveia Preta	0	0	0	0.000	0.00
Verão 2013-14	538.01	Milho	62	33356.62	10.007	0.010	27.92
	921.32	Soja	0	0	0	0.000	0.00
	130	Feijão	105	13650	4.095	0.004	11.43
TOTAL						0.03	75.90
Inverno 2014	755.33	Trigo	85	64203.05	19.261	0.019	53.74
	850.98	Aveia Preta	0	0	0	0.000	0.00
Verão 2014-15	320.54	Milho	20	6410.8	1.9232	0.002	5.37
	1086.2	Soja	0	0	0	0.000	0.00
	2						
	156.07	Milho silagem	20	3121.4	0.9364	0.001	2.61
TOTAL						0.02	61.72
Inverno 2015	676.52	Trigo	156	105537.1	31.661	0.032	88.33
	122.83	Aveia silagem	21	2579.43	0.7738	0.001	2.16
	891.77	Aveia Preta	0	0	0	0.000	0.00
Verão 2015-16	282.09	Milho	188.7	53230.38	15.969	0.016	44.55
	1090.3	Soja	0	0	0	0.000	0.00
	5						
	215.84	Milho silagem	188.7	40729.01	12.219	0.012	34.09
TOTAL						0.03	80.80

Aplicação de calcário

Safra	Área	Cultura	CaCO ₃ (kg ha ⁻¹)	total	CO ₂ calcário (Kg)	CO ₂ calcário (Mg)
Inverno 2005	646.4	Trigo	0	0	0	0.00
	848.7	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2005-06	701.2	Milho	3000	2103600	925584	925.58
	793.67	Soja	0	0	0	0.00
TOTAL					925584	925.58
Inverno 2006	701.2	Trigo	0	0	0	0.00
	793.67	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2006-07	705.27	Milho	3000	2115810	930956.4	930.96
	789.6	Soja	0	0	0	0.00
TOTAL					930956.4	930.96
Inverno 2007	793.67	Trigo	0	0	0	0.00
	701.2	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2007-08	789.6	Milho	3000	2368800	1042272	1042.27
	705.27	Soja	0	0	0	0.00
TOTAL					1042272	1042.27
Inverno 2008	789.6	Trigo	0	0	0	0.00
	705.27	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2008-09	634.81	Milho	3000	1904430	837949.2	837.95
	845.77	Soja	0	0	0	0.00
TOTAL					837949.2	837.95
Inverno 2009	493.35	Trigo	0	0	0	0.00
	987.23	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2009-10	701.2	Milho	3000	2103600	925584	925.58
	696.79	Soja	0	0	0	0.00
	82.59	Feijão	0	0	0	0.00
TOTAL					925584	925.58
Inverno 2010	265.14	Trigo	0	0	0	0.00
	1215.44	Aveia Preta	0	0	0	0.00
Verão 2010-11	481.16	Milho	3000	1443480	635131.2	635.13
	936.92	Soja	0	0	0	0.00

	62.5	Feijão	0	0	0	0.00
TOTAL					635131.2	635.13
Inverno 2011	481.16	Trigo			0	0.00
	999.42	Aveia Preta			0	0.00
Verão 2011-12	583.15	Milho	3000	1749450	769758	769.76
	865.39	Soja			0	0.00
	70	Feijão			0	0.00
TOTAL					769758	769.76
Inverno 2012	452.5	Trigo			0	0.00
	1066.83	Aveia Preta			0	0.00
Verão 2012-13	367.95	Milho	3000	1103850	485694	485.69
	1151.38	Soja			0	0.00
	87.27	Feijão			0	0.00
TOTAL					485694	485.69
Inverno 2013	704.33	Trigo			0	0.00
	904.14	Aveia Preta			0	0.00
Verão 2013-14	538.01	Milho	3000	1614030	710173.2	710.17
	921.32	Soja			0	0.00
	130	Feijão			0	0.00
TOTAL					710173.2	710.17
Inverno 2014	755.33	Trigo			0	0.00
	850.98	Aveia Preta			0	0.00
Verão 2014-15	320.54	Milho	3000	961620	423112.8	423.11
	1086.22	Soja			0	0.00
	156.07	Milho silagem	3000	468210	206012.4	206.01
TOTAL					629125.20	629.13
Inverno 2015	676.52	Trigo			0	0.00
	122.83	Aveia silagem			0	0.00
	891.77	Aveia Preta			0	0.00
Verão 2015-16	282.09	Milho	3000	846270	372358.8	372.36
	1090.35	Soja			0	0.00
	215.84	Milho silagem	3000	647520	284908.8	284.91
TOTAL					657267.60	657.27

Aplicação de ureia

Safra	Área	Cultura	Ureia (kg ha ⁻¹)	total	CO ₂ Ureia (Kg)	CO ₂ (Mg)
Inverno 2005	646.40	Trigo	63.00	40723.20	29863.68	29.86
	848.70	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
Verão 2005-06	701.20	Milho	0.00	0.00	0.00	0.00
	793.67	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL				40723.20	29863.68	29.86
Inverno 2006	701.20	Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00
	793.67	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
Verão 2006-07	705.27	Milho	0.00	0.00	0.00	0.00
	789.60	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL				0.00	0.00	0.00
Inverno 2007	793.67	Trigo	76.50	60715.76	44524.89	44.52
	701.20	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
Verão 2007-08	789.60	Milho	135.00	106596.00	78170.40	78.17
	705.27	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL				167311.76	122695.29	122.70
Inverno 2008	789.60	Trigo	72.00	56851.20	41690.88	41.69
	705.27	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
Verão 2008-09	634.81	Milho	148.50	94269.29	69130.81	69.13
	845.77	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL				151120.49	110821.69	110.82
Inverno 2009	493.35	Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00
	987.23	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
Verão 2009-10	701.20	Milho	135.00	94662.00	69418.80	69.42

	696.79	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
	82.59	Feijão	67.50	5574.83	4088.21	4.09
TOTAL				100236.83	73507.01	73.51
Inverno 2010	265.14	Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00
	1215.44	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
	481.16	Milho	135.00	64956.60	47634.84	47.63
Verão 2010-11	936.92	Soja	0.00	0.00	0.00	0.00
	62.50	Feijão	67.50	4218.75	3093.75	3.09
TOTAL				69175.35	50728.59	50.73
Inverno 2011	481.16	Trigo	0.00	0.00	0.00	0.00
	999.42	Aveia Preta	0.00	0.00	0.00	0.00
	583.15	Milho	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2011-12	865.39	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	70	Feijão	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL						0.00
Inverno 2012	452.5	Trigo	0	0.00	0.00	0.00
	1066.83	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	367.95	Milho	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2012-13	1151.38	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	87.27	Feijão	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL						0.00
Inverno 2013	704.33	Trigo	0	0.00	0.00	0.00
	904.14	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	538.01	Milho	81	43578.81	31957.79	31.96
Verão 2013-14	921.32	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	130	Feijão	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL					31957.79	31.96
Inverno 2014	755.33	Trigo	31.5	23792.90	17448.12	17.45
	850.98	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	320.54	Milho	67.5	21636.45	15866.73	15.87
Verão 2014-15	1086.22	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	156.07	Milho silagem	67.5	10534.73	7725.47	7.73
TOTAL					41040.32	41.04
Inverno 2015	676.52	Trigo	0	0.00	0.00	0.00
	122.83	Aveia silagem	90	11054.70	8106.78	8.11
	891.77	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	282.09	Milho	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2015-16	1090.35	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	215.84	Milho silagem	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL					8106.78	8.11

Aplicação de defensivos agrícolas

Safra	Área	Cultura	Herbicida (l)	Inseticida (l)	Fungicida (l)	Herbicida (Mg CO ₂)	Inseticida (Mg CO ₂)	Fungicida (Mg CO ₂)	TOTAL _{DA} (Mg CO ₂)
Inverno 2005	646.4	Trigo	3810.53	373.30	670.51	39.10	6.22	6.78	52.11
	848.7	Aveia Preta	1632.05	210.05	0.00	16.75	3.50	0.00	20.25
	701.2	Milho	9550.34	605.91	0.00	98.00	10.10	0.00	108.10
Verão 2005-06	793.67	Soja	4452.49	1003.99	576.20	45.69	16.74	5.83	68.26
TOTAL			19445.41	2193.25	1246.72	199.53	36.57	12.61	248.71
Inverno 2006	701.2	Trigo	3073.36	273.82	794.46	31.54	4.57	8.04	44.14
	793.67	Aveia Preta	1468.53	196.43	0.00	15.07	3.28	0.00	18.34
	705.27	Milho	7887.74	1357.64	0.00	80.94	22.64	0.00	103.57
Verão 2006-07	789.6	Soja	4069.60	1016.22	712.22	41.76	16.95	7.20	65.91
TOTAL			16499.23	2844.11	1506.68	169.30	47.43	15.24	231.96
Inverno 2007	793.67	Trigo	3452.07	200.80	1396.86	35.42	3.35	14.13	52.90
	701.2	Aveia Preta	2189.85	154.26	0.00	22.47	2.57	0.00	25.04
	789.6	Milho	10517.47	1137.81	62.54	107.92	18.97	0.63	127.53
Verão 2007-08	705.27	Soja	3684.33	913.32	581.85	37.80	15.23	5.88	58.92
TOTAL			19843.72	2406.20	2041.24	203.62	40.12	20.65	264.38
Inverno 2008	789.6	Trigo	4008.01	573.25	1589.46	41.13	9.56	16.08	66.76
	705.27	Aveia Preta	2538.97	155.16	0.00	26.05	2.59	0.00	28.64
	634.81	Milho	7968.14	1228.99	191.33	81.76	20.49	1.94	104.19
Verão 2008-09	845.77	Soja	5179.50	931.70	1302.49	53.15	15.54	13.17	81.86
TOTAL			19694.61	2889.10	3083.28	202.09	48.18	31.18	281.45
Inverno 2009	493.35	Trigo	2250.96	185.60	1193.91	23.10	3.09	12.08	38.27
	987.23	Aveia Preta	3198.63	434.38	0.00	32.82	7.24	0.00	40.06
	701.2	Milho	5216.93	1241.83	269.96	53.53	20.71	2.73	76.97
Verão 2009-10	696.79	Soja	4216.97	789.46	1111.38	43.27	13.16	11.24	67.68
	82.59	Feijão	822.60	168.98	244.47	8.44	2.82	2.47	13.73
TOTAL			15706.08	2820.25	2819.72	161.16	47.03	28.52	236.71
Inverno 2010	265.14	Trigo	1273.73	84.58	743.72	13.07	1.41	7.52	22.00
	1215.44	Aveia Preta	5837.76	320.88	0.00	59.90	5.35	0.00	65.25
	481.16	Milho	5023.31	26.99	185.25	51.54	0.45	1.87	53.87
Verão 2010-11	936.92	Soja	5662.74	847.91	1272.81	58.11	14.14	12.87	85.12
	62.5	Feijão	513.75	159.50	145.00	5.27	2.66	1.47	9.40
TOTAL			18311.30	1439.86	2346.77	187.89	24.01	23.74	235.64
Inverno 2011	481.16	Trigo	2080.54	100.56	1561.36	21.35	1.68	15.79	38.82
	999.42	Aveia Preta	4321.49	175.90	0.00	44.34	2.93	0.00	47.28
	583.15	Milho	7865.53	96.22	609.39	80.71	1.60	6.16	88.48
Verão 2011-12	865.39	Soja	5192.34	1218.47	1999.05	53.28	20.32	20.22	93.81
	70	Feijão	655.20	97.02	423.50	6.72	1.62	4.28	12.62
TOTAL			20115.10	1688.17	4593.31	206.40	28.15	46.46	281.01
Inverno 2012	452.5	Trigo	1631.72	443.00	1692.35	16.74	7.39	17.12	41.25
	1066.83	Aveia Preta	6657.02	93.88	0.00	68.31	1.57	0.00	69.87

	367.95	Milho	4521.37	12.14	141.66	46.39	0.20	1.43	48.03
	1151.38	Soja	11744.08	1633.81	5353.92	120.51	27.24	54.15	201.90
Verão 2012-13	87.27	Feijão	963.46	144.00	669.01	9.89	2.40	6.77	19.05
TOTAL			25517.64	2326.82	7856.94	261.84	38.80	79.47	380.10
	704.33	Trigo	2962.41	116.21	3408.96	30.40	1.94	34.48	66.81
Inverno 2013	904.14	Aveia Preta	4556.87	79.56	0.00	46.76	1.33	0.00	48.08
	538.01	Milho	5319.84	53.26	177.54	54.59	0.89	1.80	57.27
	921.32	Soja	9950.26	2118.11	4367.06	102.10	35.32	44.17	181.59
Verão 2013-14	130	Feijão	1294.80	144.43	850.72	13.29	2.41	8.60	24.30
TOTAL			24084.18	2511.59	8804.28	247.13	41.88	89.05	378.05
	755.33	Trigo	3630.12	124.63	3821.97	37.25	2.08	38.66	77.98
Inverno 2014	850.98	Aveia Preta	4088.96	215.30	0.00	41.96	3.59	0.00	45.55
	320.54	Milho	3746.47	0.00	599.41	38.44	0.00	6.06	44.50
	1086.22	Soja	13073.74	3965.79	5029.20	134.15	66.13	50.87	251.14
Verão 2014-15	156.07	Milho silagem	1829.76	123.61	223.18	18.78	2.06	2.26	23.09
TOTAL			26369.06	4429.32	9673.76	270.57	73.86	97.84	442.27
	676.52	Trigo	1749.48	111.63	4735.64	17.95	1.86	47.90	67.71
	122.83	Aveia silagem	708.61	12.16	0.00	7.27	0.20	0.00	7.47
Inverno 2015	891.77	Aveia Preta	3054.31	245.24	0.00	31.34	4.09	0.00	35.43
	282.09	Milho	2975.49	310.30	947.82	30.53	5.17	9.59	45.29
	1090.35	Soja	11710.36	1463.25	6258.61	120.16	24.40	63.30	207.86
Verão 2015-16	215.84	Milho silagem	2276.68	493.84	796.45	23.36	8.23	8.06	39.65
TOTAL			22474.92	2636.41	12738.52	230.62	43.96	128.84	403.41

Fermentação entérica

Ano	Rebanho (vacas)	CH4 fermentação (kg CH ₄)	CH ₄ (Mg)
Inverno 2015 Verão 2015-16	750	51750	51.75

Manejo de dejetos de animais (Óxido nitroso)

Ano	Rebanho (vacas)	N ₂ O dejetos (kg N ₂ O)	N ₂ O (Mg)
Inverno 2015 Verão 2015-16	750	52.5	0.05

Manejo de dejetos de animais (Metano)

Ano	Rebanho (vacas)	CH4 dejetos (kg CH ₄)	CH ₄ (Mg)
Inverno 2015 Verão 2015-16	750	4500	4.5

Fontes secundárias de N₂O (Deposição atmosférica)

Safra	Área	Cultura	N (kg ha ⁻¹)	N total (Kg)	N ₂ O (Kg)	N ₂ O (Mg)
Inverno 2005	646.40	Trigo	93	60115.20	60.12	0.06
	848.70	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	701.20	Milho	148	103777.60	103.78	0.10
Verão 2005-06	793.67	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				163892.80	163.89	0.16
Inverno 2006	701.20	Trigo	92	64510.40	64.51	0.06
	793.67	Aveia Preta	4.6	3650.88	3.65	0.00
	705.27	Milho	162	114253.74	114.25	0.11
Verão 2006-07	789.60	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				182415.02	182.42	0.18
Inverno 2007	793.67	Trigo	100.6	79843.20	79.84	0.08
	701.20	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	789.60	Milho	177	139759.20	139.76	0.14
Verão 2007-08	705.27	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				219602.40	219.60	0.22
Inverno 2008	789.60	Trigo	100	78960.00	78.96	0.08
	705.27	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	634.81	Milho	190.5	120931.31	120.93	0.12
Verão 2008-09	845.77	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				199891.31	199.89	0.20
Inverno 2009	493.35	Trigo	99	48841.65	48.84	0.05
	987.23	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	701.20	Milho	155	108686.00	108.69	0.11
Verão 2009-10	696.79	Soja	5.6	3902.02	3.90	0.00
	82.59	Feijão	75.4	6227.29	6.23	0.01
TOTAL				167656.96	167.66	0.17
Inverno 2010	265.14	Trigo	99	26248.86	26.25	0.03
	1215.44	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	481.16	Milho	155	74579.80	74.58	0.07
Verão 2010-11	936.92	Soja	10.6	9931.35	9.93	0.01
	62.50	Feijão	87.5	5468.75	5.47	0.01
TOTAL				116228.76	116.23	0.12
Inverno 2011	481.16	Trigo	108	51965.28	51.97	0.05
	999.42	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	583.15	Milho	128	74643.20	74.64	0.07
Verão 2011-12	865.39	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	70	Feijão	105	7350.00	7.35	0.01
TOTAL				133958.48	133.96	0.13
Inverno 2012	452.5	Trigo	104.5	47286.25	47.29	0.05
Verão 2012-13	1066.83	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	367.95	Milho	91	33483.45	33.48	0.03

	1151.38	Soja	0	0.00	0.00	0.00
	87.27	Feijão	57	4974.39	4.97	0.00
TOTAL				85744.09	85.74	0.09
	704.33	Trigo	62	43668.46	43.67	0.04
Inverno 2013	904.14	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	538.01	Milho	143	76935.43	76.94	0.08
	921.32	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2013-14	130	Feijão	105	13650.00	13.65	0.01
TOTAL				134253.89	134.25	0.13
	755.33	Trigo	116.5	87995.95	88.00	0.09
Inverno 2014	850.98	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	320.54	Milho	87.5	28047.25	28.05	0.03
	1086.22	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2014-15	156.07	Milho silagem	87.5	13656.13	13.66	0.01
TOTAL				129699.32	129.70	0.13
	676.52	Trigo	156	105537.12	105.54	0.11
	122.83	Aveia silagem	111	13634.13	13.63	0.01
Inverno 2015	891.77	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	282.09	Milho	188.7	53230.38	53.23	0.05
	1090.35	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2015-16	215.84	Milho silagem	188.7	40729.01	40.73	0.04
TOTAL				213130.64	213.13	0.21

Fontes secundárias de N₂O (Lixiviação ou escoamento superficial)

Safra	Área	Cultura	N (kg/ha)	N total	N ₂ O L	t N ₂ O
	646.40	Trigo	93	60115.20	450.86	0.45
Inverno 2005	848.70	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	701.20	Milho	148	103777.60	778.33	0.78
Verão 2005-06	793.67	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				163892.80	1229.20	1.23
	701.20	Trigo	92	64510.40	483.83	0.48
Inverno 2006	793.67	Aveia Preta	4.6	3650.88	27.38	0.03
	705.27	Milho	162	114253.74	856.90	0.86
Verão 2006-07	789.60	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				182415.02	1368.11	1.37
	793.67	Trigo	100.6	79843.20	598.82	0.60
Inverno 2007	701.20	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	789.60	Milho	177	139759.20	1048.19	1.05
Verão 2007-08	705.27	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				219602.40	1647.02	1.65
	789.60	Trigo	100	78960.00	592.20	0.59
Inverno 2008	705.27	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	634.81	Milho	190.5	120931.31	906.98	0.91
Verão 2008-09	845.77	Soja	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				199891.31	1499.18	1.50
	493.35	Trigo	99	48841.65	366.31	0.37
Inverno 2009	987.23	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	701.20	Milho	155	108686.00	815.15	0.82
	696.79	Soja	5.6	3902.02	29.27	0.03
Verão 2009-10	82.59	Feijão	75.4	6227.29	46.70	0.05
TOTAL				167656.96	1257.43	1.26
	265.14	Trigo	99	26248.86	196.87	0.20
Inverno 2010	1215.44	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	481.16	Milho	155	74579.80	559.35	0.56
	936.92	Soja	10.6	9931.35	74.49	0.07
Verão 2010-11	62.50	Feijão	87.5	5468.75	41.02	0.04
TOTAL				116228.76	871.72	0.87
	481.16	Trigo	108	51965.28	389.74	0.39
Inverno 2011	999.42	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	583.15	Milho	128	74643.20	559.82	0.56
	865.39	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2011-12	70	Feijão	105	7350.00	55.13	0.06
TOTAL				133958.48	1004.69	1.00
	452.5	Trigo	104.5	47286.25	354.65	0.35
Inverno 2012	1066.83	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00

	367.95	Milho	91	33483.45	251.13	0.25
	1151.38	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2012-13	87.27	Feijão	57	4974.39	37.31	0.04
TOTAL				85744.09	643.51	0.64
	704.33	Trigo	62	43668.46	327.51	0.33
Inverno 2013	904.14	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	538.01	Milho	143	76935.43	577.02	0.58
	921.32	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2013-14	130	Feijão	105	13650.00	102.38	0.10
TOTAL				134253.89	1006.90	1.01
	755.33	Trigo	116.5	87995.95	659.97	0.66
Inverno 2014	850.98	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	320.54	Milho	87.5	28047.25	210.35	0.21
	1086.22	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2014-15	156.07	Milho silagem	87.5	13656.13	102.42	0.10
TOTAL				129699.32	972.74	0.97
	676.52	Trigo	156	105537.12	791.53	0.79
	122.83	Aveia silagem	111	13634.13	102.26	0.10
Inverno 2015	891.77	Aveia Preta	0	0.00	0.00	0.00
	282.09	Milho	188.7	53230.38	399.23	0.40
	1090.35	Soja	0	0.00	0.00	0.00
Verão 2015-16	215.84	Milho silagem	188.7	40729.01	305.47	0.31
TOTAL				213130.64	1598.48	1.60

Resíduos de colheitas

Safra	Área	Cultura	Produtividade (Kg ha ⁻¹)	Produção total (Kg)	N ₂ O res (Kg)	N ₂ O (Mg)
	646.40	Trigo	2985	1929504.00	218.23	0.22
Inverno 2005	848.70	Aveia Preta	3400	2885580.00	326.36	0.33
	701.20	Milho	9629	6751854.80	700.19	0.70
Verão 2005-06	793.67	Soja	3203	2542125.01	394.12	0.39
TOTAL				14109063.81	1638.90	1.64
	701.20	Trigo	1653	1159083.60	131.09	0.13
Inverno 2006	793.67	Aveia Preta	3500	2777845.00	314.17	0.31
	705.27	Milho	9116	6429241.32	666.74	0.67
Verão 2006-07	789.60	Soja	3556	2807817.60	435.31	0.44
TOTAL				13173987.52	1547.31	1.55
	793.67	Trigo	3063	2431011.21	274.95	0.27
Inverno 2007	701.20	Aveia Preta	3700	2594440.00	293.43	0.29
	789.60	Milho	8363	6603424.80	684.80	0.68
Verão 2007-08	705.27	Soja	2825	1992387.75	308.89	0.31
TOTAL				13621263.76	1562.07	1.56
	789.60	Trigo	3692	2915203.20	329.71	0.33
Inverno 2008	705.27	Aveia Preta	3200	2256864.00	255.25	0.26
	634.81	Milho	6583	4178954.23	433.37	0.43
Verão 2008-09	845.77	Soja	2821	2385917.17	369.90	0.37
TOTAL				11736938.60	1388.23	1.39
	493.35	Trigo	2658	1311324.30	148.31	0.15
Inverno 2009	987.23	Aveia Preta	3200	3159136.00	357.30	0.36
	701.20	Milho	8417	5902000.40	612.06	0.61
	696.79	Soja	2477	1725948.83	267.58	0.27
Verão 2009-10	82.59	Feijão	1744	144036.96	31.74	0.03
TOTAL				12242446.49	1416.99	1.42
	265.14	Trigo	3383	896968.62	101.45	0.10
Inverno 2010	1215.44	Aveia Preta	3100	3767864.00	426.15	0.43
	481.16	Milho	9090	4373744.40	453.57	0.45
	936.92	Soja	3106	2910073.52	451.16	0.45
Verão 2010-11	62.50	Feijão	1315	82187.50	18.11	0.02
TOTAL				12030838.04	1450.44	1.45
	481.16	Trigo	3215	1546929.40	174.96	0.17
Inverno 2011	999.42	Aveia Preta	3200	3198144.00	361.71	0.36
	583.15	Milho	9780	5703207.00	591.45	0.59
	865.39	Soja	3467	3000307.13	465.15	0.47
Verão 2011-12	70	Feijão	1760	123200.00	27.15	0.03

TOTAL				13571787.53	1620.41	1.62
	452.5	Trigo	2980	1348450.00	152.51	0.15
Inverno 2012	1066.83	Aveia Preta	3500	3733905.00	422.30	0.42
	367.95	Milho	10450	3845077.50	398.75	0.40
	1151.38	Soja	3225	3713200.50	575.67	0.58
Verão 2012-13	87.27	Feijão	2350	205084.50	45.19	0.05
TOTAL				12845717.50	1594.43	1.59
	704.33	Trigo	3690	2598977.70	293.94	0.29
Inverno 2013	904.14	Aveia Preta	3400	3074076.00	347.68	0.35
	538.01	Milho	10230	5503842.30	570.77	0.57
	921.32	Soja	3567	3286348.44	509.50	0.51
Verão 2013-14	130	Feijão	2100	273000.00	60.16	0.06
TOTAL				14736244.44	1782.05	1.78
	755.33	Trigo	3670	2772061.10	313.52	0.31
Inverno 2014	850.98	Aveia Preta	3800	3233724.00	365.73	0.37
	320.54	Milho	9800	3141292.00	325.76	0.33
	1086.22	Soja	3105	3372713.10	522.89	0.52
Verão 2014-15	156.07	Milho silagem	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				12519790.20	1527.90	1.53
	676.52	Trigo	4200	2841384.00	321.36	0.32
	122.83	Aveia silagem	4500	552735.00	62.51	0.06
Inverno 2015	891.77	Aveia Preta	4500	4012965.00	453.87	0.45
	282.09	Milho	11200	3159408.00	327.64	0.33
	1090.35	Soja	3800	4143330.00	642.36	0.64
Verão 2015-16	215.84	Milho silagem	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL				14709822.00	1807.74	1.81

Operações Mecanizadas

Safra	Total Diesel (l)	CO ₂ diesel (Kg)	CO ₂ (Mg)	CH ₄ diesel (Kg)	CH ₄ (Mg)	N ₂ O diesel (Kg)	N ₂ O (Mg)
2005-2006	119050	319173.05	319.17	35.72	0.04	2.38	0.0024
2006-2007	100000	268100.00	268.10	30.00	0.03	2.00	0.0020
2007-2008	100000	268100.00	268.10	30.00	0.03	2.00	0.0020
2008-2009	80000	214480.00	214.48	24.00	0.02	1.60	0.0016
2009-2010	91000	243971.00	243.97	27.30	0.03	1.82	0.0018
2010-2011	130000	348530.00	348.53	39.00	0.04	2.60	0.0026
2011-2012	127000	340487.00	340.49	38.10	0.04	2.54	0.0025
2012-2013	146000	391426.00	391.43	43.80	0.04	2.92	0.0029
2013-2014	194000	520114.00	520.11	58.20	0.06	3.88	0.0039
2014-2015	152000	407512.00	407.51	45.60	0.05	3.04	0.0030
2015-2016	220000	589820.00	589.82	66.00	0.07	4.40	0.0044

Energia elétrica

Safra	Energia (kWh)	Energia (MWh)	CO ₂ (Mg)
2005-2006	4.573,170	4573	147.7079
2006-2007	4.573,170	4573	133.9889
2007-2008	4.573,170	4573	221.3332
2008-2009	4.573,170	4573	112.4958
2009-2010	4.573,170	4573	234.1376
2010-2011	4.573,170	4573	133.5316
2011-2012	4.573,170	4573	298.6169
2012-2013	4.573,170	4573	439.008
2013-2014	4.573,170	4573	619.6415
2014-2015	4.573,170	4573	568.8812
2015-2016	4.573,170	4573	568.8812

Combustão estacionária

Consumo anual de lenha (Mg)	CO ₂ (Mg)	CH ₄ (Mg)	N ₂ O (Mg)
427.5	0.819	2.319	0.0309