



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

GERALDO MOURA BARACUHY NETO

**AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE GERGELIM IRRIGADO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA EM AMBIENTE SEMI-ÁRIDO**

CAMPINA GRANDE – PB

2009

GERALDO MOURA BARACUHY NETO

**AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE GERGELIM IRRIGADO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA EM AMBIENTE SEMI-ÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de “Mestre em Recursos Naturais”. Área de concentração: Sociedade e Recursos Naturais. Linha de pesquisa: Gestão de Recursos Naturais.

Orientadora: Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima

CAMPINA GRANDE – PB

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

B223a

2009 Baracuh Neto, Geraldo Moura.

Avaliação emergética de gergelim irrigado com água residuária em ambiente semi-árido / Geraldo Moura Baracuh Neto. — Campina Grande, 2009.

68 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vera Lúcia Antunes de Lima.

1. Sustentabilidade. 2. Água Residuária. 3. Gergelim. 4. Emergia. 4. Avaliação Emergética. I. Título.

CDU – 502.171(043)

GERALDO MOURA BARACUHY NETO

**AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE GERGELIM IRRIGADO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA EM AMBIENTE SEMI-ÁRIDO**

APROVADO EM: 31 / 08 / 2009

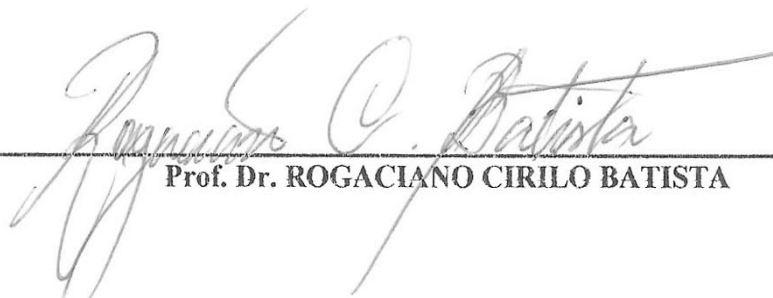
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA



Prof. Dr. JOSÉ DANTAS NETO



Prof. Dr. ROGACIANO CIRILO BATISTA

AGRADECIMENTOS

À minha família:

Meus pais, José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy e Helena Maria Paiva Baracuhy, pelo amor e investimento desde a minha primeira respiração;

Meus irmãos, Ygor Paiva Baracuhy, Marina Paiva Baracuhy e Haysa Paiva Baracuhy;

Avós, avôs, tios, tias, mesmo os que já se foram, pois todos deixam reminiscências dos seus legados.

À minha orientadora, Vera Lúcia Antunes de Lima, que conduziu este estudo e tão bem me auxiliou a superar os inúmeros percalços, com conhecimento e serenidade.

A Rogaciano Cirilo Batista, pelo valioso auxílio prestado no que concerne à avaliação emergética e pelas indicações na cidade de Campinas/SP no período vivenciado na UNICAMP.

A todos que participaram operacionalmente da condução do experimento no PROSAB.

A Pedro Vieira e Cleide, da Coordenação de Pós-Graduação em Recursos Naturais.

Além deste trabalho e da titulação e conhecimento adquiridos, o mestrado em Recursos Naturais me rendeu outros frutos tão significativos quanto aqueles. São as amizades adquiridas nesta trajetória. Agradeço a todos eles: Bruno Soares de Abreu e Silvana Fernandes Neto, pelo incentivo e amizade quase diária, em momentos de trabalho e de lazer. Também cito Djane Fonseca, Lincoln Eloi, Aline Ferreira, Kaline Dantas, Joelma.

MUITO OBRIGADO!

EPÍGRAFE

Toda a nossa ciência, comparada com a realidade, é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos. (Carl Sagan, parafraseando Albert Einstein).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 A SUSTENTABILIDADE.....	15
2.2 UM NOVO PARADIGMA DE GERAÇÃO DE CONHECIMENTO.....	18
2.3 AGROECOLOGIA E AGROECOSSISTEMA	19
2.4 EMERGIA E ANÁLISE EMERGÉTICA	20
2.5 INDICADORES EMERGÉTICOS	22
2.5.1 TRANSFORMIDADE	22
2.5.2 RENOVABILIDADE	23
2.5.3 RAZÃO DE RENDIMENTO EMERGÉTICO	23
2.5.4 RAZÃO DE INVESTIMENTO EMERGÉTICO	23
2.5.5 RAZÃO DE INTERCÂMBIO EMERGÉTICO	23
2.6 O SEMI-ÁRIDO	24
2.7 O GERGELIM	27
2.7.1 RELEVÂNCIA ECONÔMICA	28
2.7.2 O GERGELIM NO BRASIL E NO NORDESTE	29
2.8 ADUBAÇÃO POR TORTA DE MAMONA	30
2.9 AGRICULTURA IRRIGADA	32
2.9.1 IRRIGAÇÃO	32
2.9.2 REUSO DE ÁGUA	32
3. MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 O EXPERIMENTO	34
3.1.1 ADMINISTRAÇÃO DO EXPERIMENTO	35

3.1.2 SEMENTES	36
3.1.3 O SOLO	36
3.1.4 PLANTIO	38
3.1.5 ADUBAÇÃO	38
3.1.6 IRRIGAÇÃO	38
3.1.7 ESTABELECIMENTO E DISPOSIÇÃO DO EXPERIMENTO	40
3.1.8 OBTENÇÃO DE DADOS REFERENTES À PRODUÇÃO	42
3.2 A AVALIAÇÃO EMERGÉTICA	42
3.2.1 DIAGRAMA SISTÊMICO	43
3.2.2 PLANILHA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA	46
3.2.3 ÍNDICES EMERGÉTICOS	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 INDICADORES DE PRODUÇÃO DE GERGELIM.....	48
4.2 DIAGRAMA DE FLUXO EMERGÉTICO	50
4.3 PLANILHA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA	50
4.4 ÍNDICES EMERGÉTICOS	53
5 .CONCLUSÃO	64
6. REFERÊNCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Mapa do semi-árido brasileiro	24
FIGURA 2.	Crianças raquíticas sobre chão rachado	25
FIGURA 3.	Vegetação seca e animais mortos de sede	26
FIGURA 4.	Plantação de uvas em Petrolina (PE)	26
FIGURA 5.	Frutos de gergelim	27
FIGURA 6.	Sementes de gergelim e óleo derivado	28
FIGURA 7.	Localização do PROSAB	35
FIGURA 8.	Fotografia do experimento	36
FIGURA 9.	Solo empregado no experimento	37
FIGURA 10.	Reator UASB	39
FIGURA 11.	Diagrama resumido do agroecossistema	45
FIGURA 12.	Diagrama ecossistêmico da região do PROSAB na produção do gergelim utilizando água residuária.	50
FIGURA 13.	Diagrama de fluxo de energia agregado da produção de Gergelim (modelo geral)	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Resultados da análise de fertilidade do solo do experimento	37
TABELA 2.	Características físicas e operacionais do reator UASB	39
TABELA 3.	Composição físico-química da água de abastecimento	40
TABELA 4.	Composição físico-química da água residuária tratada	40
TABELA 5.	Resumo das análises de variância dos indicadores de produção da cultura do gergelim	48
TABELA 6.	Média do indicador de produção número de frutos em função dos fatores tipos de água e cultivar	49
TABELA 7.	Média dos fatores tipos de água e dose de torta de mamona, referente ao desdobramento de sua interação significativa para a variável peso de frutos.	49
TABELA 8.	Média dos fatores tipos de água e dose de torta de mamona, referente ao desdobramento de sua interação significativa para a variável peso de 100 sementes	49
TABELA 9.	Cálculo dos fluxos da análise emergética na produção de gergelim irrigado com água residuária	55

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.	Composição da torta de mamona	31
QUADRO 2.	Simbologia da Metodologia Emergética	44
QUADRO 3.	Planilha de Avaliação Emergética	46
QUADRO 4.	Índices emergéticos e suas equações	47
QUADRO 5.	Avaliação Emergética do sistema de produção do Gergelim em Água Residuária (Modelo Geral) .	51
QUADRO 6.	Indicadores Emergéticos da produção de gergelim irrigado com água residuária	54
QUADRO 7.	Planilha de dados emergéticos	63

BARACUHY NETO, Geraldo Moura. **AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DE GERGELIM IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA EM AMBIENTE SEMI-ÁRIDO.** 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Naturais). Campina Grande, Paraíba.

RESUMO

A crise ambiental e social advinda do modelo de organização sócio-econômico vigente que explora os recursos naturais tidos como infinitos para produção de bens e serviços e assola a natureza com poluição concebeu a noção de sustentabilidade, que propõe uma relação mais harmônica com o meio ambiente. O presente estudo é construído sobre este pilar e tem por objetivo a aplicação da metodologia emergética em um sistema agrícola experimental de produção de gergelim irrigado com água residuária tratada. O gergelim é uma semente oleaginosa de alto valor nutritivo que é consumida há milênios e que tem grande aplicabilidade econômica na região Nordeste do Brasil. O uso de água residuária tratada confere inúmeros benefícios à cultura agrícola, pois, além de ser rica em nutrientes essenciais para a planta (foi evidenciado que a cultura irrigada com água residuária apresentou resultados melhores em relação à água de abastecimento), pode ser uma solução para a escassez hídrica, uma vez que a agricultura é uma atividade potencialmente consumidora de água. A avaliação emergética, proposta por Odum (1971), considera todas as entradas e saídas do sistema como fluxos energéticos em um diagrama elaborado e calcula os índices emergéticos, cuja análise permite planejar esforços para o aprimoramento do sistema em consonância com a sustentabilidade ambiental. Os índices emergéticos encontrados são os seguintes: Transformidade: 430000; Renovabilidade: 49; Rendimento Emergético: 1,86; Investimento Emergético: 10,0; Intercâmbio Emergético: 6,01. A energia dos recursos naturais não renováveis totaliza 8999 sej e a dos não-renováveis, 1169 sej; a dos materiais utilizados no experimento totaliza 1023 sej, ao passo que a dos serviços é de 9129 sej. A energia total dos recursos provenientes da economia é de 1015 sej. A energia total da saída (produtos) obtida é de 2355 sej.

Palavras-chave: sustentabilidade; água residuária; gergelim; energia; avaliação emergética

BARACUHY NETO, Geraldo Moura, **EMERGY EVALUATION OF SESAMO CULTURE IRRGATED WITH RESIDUE WATER IN SEMI-ARID ENVIRONMENT.** 2009, 95 p. Dissertação (Post Graduate Studies in Natural Resources). Campina Grande, Paraíba.

ABSTRACT

The environmental and social crisis arising out of the organizational model socio-economic model that exploits the natural resources taken as infinite for the production of goods and services and sweeping nature with pollution conceived the notion of sustainability, which proposes a more harmonious with the environment. This study builds on this pillar and aims at implementing the emergy methodology in an agricultural system experimental production of sesame irrigated with treated wastewater. The sesame is a seed oil has a high nutritional value that is consumed for millennia and has great economic applicability in Northeastern Brazil. The use of treated wastewater provides numerous benefits to crop, because, besides being rich in essential nutrients for the plant (it was shown that irrigated with wastewater showed better results in relation to water supply) may be a solution to water scarcity, since agriculture is an activity that consumes water. The emergy evaluation, purposed by Odum (1971) considers all inputs and outputs of the system as energy flows in a diagram drawn and calculate emergy indices where examination plan efforts to improve the system consistent with environmental sustainability. The emergy indices found are the following: PISTON RINGS: 430000; Renewability: 49; income. Emergetic: 1.86; Emergy Investment: 10.0; emergetic exchange: 6.01. The emergy of natural resources and a total of 8999 sej non-renewable, 1169 sej, the materials used in the experiment a total of 1023 sej, while that of services is 9129 sej. The total resources emerged from the economy is 1015 sej. The total emergy output (products) obtained was 2355 sej.

Keywords: sustainability; wastewater; sesame; emergy, emergy evaluation

1. INTRODUÇÃO

O modelo de organização sócio-econômico vigente tem conferido à espécie humana um comportamento substancialmente destrutivo ao planeta. Sendo a natureza a provedora da matéria-prima de qualquer objeto tangível existente, seja uma efêmera laranja, um combustível ou algum sonho de consumo da sociedade moderna, ela tem experimentado várias transformações, uma vez que o ser humano passou a extrair seus recursos naturais e a poluí-la de forma incessante. A noção de desenvolvimento, assim, é idealizada de forma atrelada – e diretamente proporcional – à geração e acúmulo de riquezas, ao consumo de produtos e ao consumo de energia nas suas variadas formas.

Baseadas nesta ideologia do desenvolvimento, as nações se dividiram e aquelas mais desenvolvidas passam a dominar muitos dos recursos naturais, surgindo também o desenvolvimento de tecnologias que as tornaram mais poderosas e sobressalentes sobre as nações mais pobres. Vários problemas sócio-ambientais são advindos deste quadro, tais como a fome, pobreza, poluição, escassez de recursos naturais e debilitação da biodiversidade. Intensos debates e críticas relacionadas a este modelo sócio-econômico começaram a surgir na década de 70, na qual brotou a noção de desenvolvimento sustentável e, por conseguinte, as atividades humanas foram classificadas em sustentáveis ou não, por critérios que não se reduzem apenas à degradação ambiental, mas incorporam também dimensões sociais.

O presente trabalho é desenvolvido sobre a premissa da sustentabilidade, uma vez que se trata de uma análise de energia que permitirá conhecer o funcionamento de um sistema e identificar seus problemas ambientais e indicar as possibilidades de desenvolvimento sustentável. Identifica-se um processo ou atividade como sustentável quando tem a capacidade de se manter através do tempo. O processo em questão consiste em uma cultura de gergelim irrigada utilizando-se, para tal, águas residuárias tratadas. A opção pela pesquisa de uma cultura de gergelim é plenamente justificável por esta oleaginosa ter um potencial agrícola tão significativo em nível mundial e ser pouco explorada em nossa região, que apresenta uma escassez imensa de água devido aos vários fatores que compõe o processo climático. A análise emergética dessa cultura ressalta o seu potencial sócio-político e econômico e sua interação com o meio ambiente e, em termos gerais, esta análise busca

restabelecer o equilíbrio ecológico e social do sistema agrícola, visando proporcionar melhor qualidade de vida para a humanidade e a preservação da vida no planeta.

Com base no exposto, o cerne deste trabalho consiste na aplicação da metodologia emergética proposta por Odum (1971), que abrange o planejamento da integração do sistema produtivo em ciclos de sucessão ecológica, produção econômica e organização social, aos dados obtidos dos experimentos referentes à cultura do gergelim irrigado com água residuária tratada.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Avaliar emergeticamente um sistema agrícola da produção do gergelim (*Sesamum indicum L.*) irrigado com água residuária tratada e adubada com fertilizante orgânico.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- Confrontar as produções do gergelim irrigado com água residuária e água de abastecimento
- Determinar os índices emergéticos do sistema de produção de gergelim irrigado com água residuária
- Identificar os fluxos de energia que mais afetam o experimento

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A SUSTENTABILIDADE

Como evidenciado na introdução, este estudo foi concebido sob a premissa da sustentabilidade, uma vez que seu cerne é a aplicação de uma metodologia que analisa um agrossistema experimental através de indicativos que sinalizam a carga de recursos naturais e serviços ambientais advindos da natureza para a geração de riqueza. Se faz, portanto, necessário discorrer sobre a construção do atual cenário sócio-econômico e ambiental.

A formação dos primeiros agrupamentos humanos constitui os primórdios da organização do homem em sociedades, que inicialmente teve uma relação harmônica com o ambiente natural, onde as relações de produção serviam para manter a sobrevivência destes agrupamentos e o território trabalhado era um bem comum a todos. A apropriação do território, mudanças nos meios de produção e a geração de um excedente modificaram as relações de produção ao longo do tempo e culminou com a apropriação do espaço territorial por alguns indivíduos nas sociedades primitivas. O homem estabeleceu, assim, um *status* sobre o outro e as relações de poder foram alteradas, assim como as relações com o meio ambiente, que passa a ser alvo de uma ação mais predadora em busca de uma maior produtividade.

Baracuhy Neto (2008) prossegue com este raciocínio quando afirma que:

A idéia do aumento da produtividade, a criação de novas necessidades e a perspectiva de desenvolver levaram algumas sociedades a procurarem meios de produção mais eficientes. O homem inventou as máquinas e deu um grande salto em direção ao desenvolvimento. O cenário para este crescimento foi a natureza, provedora de recursos, que sustentou todo o desenvolvimento nos sistemas capitalistas. Baseados na acumulação de riquezas, na apropriação do capital, nas reservas de mercado as nações se dividiram e aquelas mais desenvolvidas passam a dominar muitos dos recursos naturais, surgindo também o desenvolvimento de

tecnologias que as tornaram mais poderosas e sobressalentes sobre as nações mais pobres.

Em sequência cronológica surgiu, no século XVII, a Revolução Industrial, que alavancou o processo produtivo e gerou um profundo impacto social e econômico. Entretanto, conforme Camargo (2003), desde o início da Revolução Industrial, a implantação de técnicas de produção e consumo predatórias vem provocando um grande impacto das atividades humanas sobre os sistemas naturais. Assim como nosso modelo econômico de desenvolvimento modificou e aperfeiçoou em muitos aspectos a relação do ser humano com o seu meio ambiente, também provocou transformações dramáticas no ambiente natural.

Desta forma, inúmeros problemas sociais e ambientais são provenientes desse quadro. Entretanto, a consciência destes problemas surgiu de forma tardia nos países mais ricos. Lago e Pádua (1984) explicam o motivo:

apesar dos graves problemas ambientais dos séculos XIX e XX relacionados à poluição industrial, um dos motivos pelos quais a preocupação ambiental não despertou o interesse das grandes nações de forma mais explícita foi o fato de a degradação ambiental afetar principalmente os trabalhadores nestes países e populações em países subdesenvolvidos, sendo somente em meados do século XX, com o agravamento das crises ambientais, que estes problemas alcançaram também as classes mais favorecidas.

Assim, o interesse por questões ambientais começou a aflorar na sociedade em nível global; mas, paradoxalmente, o modelo de organização sócio-econômica desenvolvimentista desta mesma sociedade revelara-se incompatível com a solução do problema percebido. Abreu (2009) reconhece esta contradição e explica que:

(...) a maneira como vem evoluindo o pensamento acerca dos problemas ambientais, deixa-nos transparecer gradativamente de um lado um grande interesse social no que se refere à busca de

alternativas que possibilitem a redução de tais problemas e do outro, a forma maquiavélica, excludente e ludibriadora com que os atuais interesses capitalistas lidam com tais questões.

A sociedade se viu diante de um dilema: como promover o desenvolvimento econômico e, ao mesmo tempo, lidar com esta restrição imposta pelo planeta? Foi diante deste cenário que, na década de 1970, brotou a noção de desenvolvimento sustentável, fruto de intensos debates e de críticas relacionadas ao modelo de crescimento econômico predominante. O desenvolvimento sustentável revelou-se uma nova maneira de perceber as soluções para os problemas globais, que não se reduzem apenas à degradação ambiental, mas incorporam também dimensões sociais, políticas e culturais. Segundo o *National Research Council* de 1999, citado por Camargo (2003), o grande mérito do desenvolvimento sustentável reside na tentativa de reconciliar os reais conflitos entre economia e meio ambiente e entre o presente e o futuro.

Destaca-se aqui uma definição do termo desenvolvimento sustentável segundo Camargo (2003):

Desenvolvimento sustentável é um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas em todo o planeta e até um futuro longínquo, capaz ainda de atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.

O desenvolvimento sustentável desta maneira concebido, porém, nunca foi e tampouco será unanimemente considerado solução para o problema. Há críticas que questionam se o progresso econômico é realmente um “progresso humano”, conforme a citação anterior. Stahel (1998) afirma que nos últimos vinte anos o desenvolvimento sustentável vem se transformando no centro de todo o discurso ecológico, sem que haja um consenso do seu real significado. Veiga (1998), por sua vez, indaga se há mesmo um significado concreto para o termo, afirmando ser o desenvolvimento sustentável uma expressão convenientemente sem sentido.

O atual panorama mundial demanda uma reorganização ideológica do desenvolvimento sustentável. Para Abreu (2009), a transição que é mostrada nas várias dimensões de uma crise proveniente do esgotamento dos recursos naturais nos anuncia a necessidade de um novo protótipo, que é o da sustentabilidade, no qual adquire formas mais claras, passando a constituir agenda importante em vários fóruns internacionais. A sustentabilidade econômica, de tal feita, deve ser guiada pela sustentabilidade ecológica e não o contrário, conforme Leff (2001):

A sustentabilidade ecológica aparece assim como um critério normativo para a reconstrução da ordem econômica, como uma condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases da produção.

2.2 UM NOVO PARADIGMA DE GERAÇÃO DE CONHECIMENTO

Diante do exposto, constata-se que o modo de pensar e agir do ser humano a partir da idade moderna tem elevado os interesses individuais em detrimento de interesses coletivos e ambientais. Cúmplice de tal comportamento, a condução da ciência é seccionada em áreas específicas norteadas ao individualismo. As conseqüências deste fato são latentes: deterioração humana e ambiental. Vive-se em uma sociedade dominada por interesses políticos, sociais, econômicos e religiosos.

A globalização econômica altera a formação do conhecimento sobre o meio ambiente quando privilegia mecanismos de mercado como via para um futuro sustentável. De acordo com Leff (2001), o neoliberalismo econômico, incapaz de dar seu justo valor aos recursos ecológicos e aos serviços ambientais da natureza, leva também a desvalorizar o conhecimento.

Se faz necessária uma mudança deste paradigma, incluindo uma nova forma, sistêmica, de produzir ciência, uma vez que, de acordo com Sagan (1996), ela deve acolher os fatos, mesmo quando eles não se ajustam às nossas percepções. Moraes (1996) reforça o argumento ao

afirmar que uma ciência do passado produz um conhecimento morto, dissociado da realidade, do mundo e da vida. Uma educação sem vida produz seres incompetentes, incapazes de pensar, de construir e reconstruir conhecimento. Sobre a importância do pensamento holístico, Capra (1996) afirma que o todo é fundamental e todas as propriedades fluem de suas relações. Esta visão nos leva a compreender o mundo físico como uma rede de relações e não mais como uma entidade fragmentada.

2.3 AGROECOLOGIA E AGROECOSSISTEMA

Pelo fato do escopo deste estudo ser uma análise de um sistema de produção agrícola, deve-se tratar a agricultura como um importante elemento a ser discutido quando se discorre sobre a sustentabilidade, pois é esta milenar atividade que origina, direta ou indiretamente, a maior demanda da humanidade: o alimento.

O sistema global de produção de alimentos está em processo de auto-destruição, pois está minando a própria base na qual foi edificado, o que faz a agricultura convencional ser alvo de inúmeras críticas quando se confronta com a sustentabilidade. É o que evidencia esta citação de Gliessmann (2005):

As técnicas, inovações, práticas e políticas que permitiram aumentos na produtividade também minaram a sua base. Elas retiraram excessivamente degradaram os recursos naturais dos quais a agricultura depende – o solo, reservas de água e a diversidade genética natural. Também criaram dependência de combustíveis fósseis não renováveis e ajudaram a forjar um sistema que cada vez mais retira a responsabilidade de cultivar alimentos das mãos de produtores e assalariados agrícolas.

Esta agricultura é praticada em torno de dois objetivos que se relacionam: a maximização da produção e a do lucro. Para Gliessmann (2005), na busca dessas metas, um rol de práticas foi desenvolvido sem cuidar suas consequências não intencionais, de longo prazo, e sem considerar a dinâmica ecológica dos agroecossistemas. Desta forma, é fácil inferir que esta

agricultura é insustentável, pois ela impossibilita o seu próprio continuísmo ao degradar as condições que a fazem existir.

É imperioso se pensar em uma agricultura sustentável. Este é o escopo da ciência da agroecologia, ao incorporar princípios ecológicos no desenho e condução de agroecossistemas.

De forma genérica, um sistema é, para Holanda (2003), um conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação. De forma análoga, um agroecossistema é um conjunto compreendido pelo ecossistema natural e ambientes modificados pelo ser humano, no qual ocorrem complexas relações entre seres vivos e elementos naturais (rochas, solos, água, ar, reservas minerais).

Para Batista (2008), os sistemas da natureza e a humanidade são partes de uma hierarquia de energia universal e estão imersos em uma rede de transformação de energia que une os sistemas pequenos a grandes sistemas e estes a sistemas maiores ainda. Frente ao exposto, se pode conceber o diagrama do agroecossistema, que é o agroecossistema representado graficamente com suas respectivas fontes e fluxos de energia e demais interações. A análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema, através da elaboração do diagrama, é uma das etapas da metodologia emergética, conforme será apresentado no capítulo Materiais e Métodos.

2.4 EMERGIA E ANÁLISE EMERGÉTICA

A sustentabilidade de agroecossistemas é o alicerce para a compreensão do conceito de energia e da metodologia de análise emergética. Emergia, para Odum (1998), é toda energia necessária para um ecossistema produzir um recurso, seja energia em suas mais variadas formas, material, serviço humano ou da natureza. Seu conceito é construído sob uma visão científica que abarca o mundo como um todo orgânico e não sobre uma perspectiva reducionista e simplista da ciência vigente. Na emergia há o interesse na discussão espacial, social, temporal e ambiental da ciência.

De acordo com Ortega (2002), a Teoria Geral dos Sistemas foi o subsídio para o ecologista estadunidense Howard Thomas Odum desenvolver a metodologia de Análise Emergética. Albuquerque (2007) afirma que tal análise é uma ferramenta adequada à avaliação da sustentabilidade agrícola, uma vez que inclui os recursos necessários para o funcionamento do sistema: tanto os recursos fornecidos pela economia como aqueles provenientes da natureza. Ainda conforme a autora, a metodologia emergética tem como objetivo analisar os fluxos de energia e materiais nos sistemas dominados pelo homem, para mostrar a dependência dos sistemas humanos das fontes de energia naturais e fósseis e descobrir viabilidades de interação entre os sistemas da economia humana e os ecossistemas.

Ainda no que concerne à metodologia da Análise Emergética, Comar (1998) acrescenta que a mesma estima os valores das energias naturais geralmente não contabilizadas, incorporadas em produtos, processos e serviços. Por meio de indicadores (índices emergéticos), esta abordagem desenvolve uma imagem dinâmica dos fluxos anuais dos recursos naturais e dos serviços ambientais providenciados pela natureza na geração de riqueza e o impacto das atividades antrópicas nos ecossistemas.

A análise emergética contempla todos os insumos do sistema estudado, desde os provenientes da natureza (sol, água de diversas fontes, sedimentos, solo, biodiversidade, etc.) aos fornecidos pela economia (materiais, serviços, máquinas, combustível, etc) em termos de energia solar agregada: a emergia.

O preço de qualquer mercadoria é determinado unicamente pelo mercado, não sendo considerado o que foi dedicado pela natureza. Assim, há casos de produtos comercializados por baixo valor econômico mesmo tendo sido alta a contribuição da natureza na composição dos mesmos. Complementando o raciocínio, Ortega (2002) acrescenta que:

(...) na economia convencional, o preço de um produto corresponde aproximadamente à somatória das despesas realizadas com insumos, mão-de-obra e outros tipos de serviços mais a margem de lucro desejada. De certa forma o preço econômico mede o trabalho humano agregado, porém não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos

utilizados, nem o custo das externalidades negativas no sistema regional e as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e pagas pela sociedade local.

O preço em dinheiro, para Batista (2008), não representa o valor do trabalho incorporado no recurso. Por outro lado, a energia expressa em *emdólares* (dólares do produto econômico correspondente a uma dada contribuição de energia) consegue indicar a verdadeira contribuição da natureza e da economia no recurso.

A avaliação emergética é realizada em três etapas, a saber:

- a) Análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema;
- b) Obtenção dos índices emergéticos; e
- c) Interpretação dos índices emergéticos, indicando os esforços que devem ser feitos para aprimorar o sistema.

2.5 INDICADORES EMERGÉTICOS

A metodologia emergética trabalha com índices ou indicadores que subsidiam diversas interpretações concernentes às relações do sistema estudado com recursos da economia e da natureza, auxiliando conclusões a respeito da sustentabilidade ambiental do mesmo.

Os cinco índices emergéticos listados por ODUM (1996) são:

2.5.1 TRANSFORMIDADE

Transformidade é um fator de conversão de energia (Albuquerque, 2007), um índice que avalia a qualidade do fluxo de energia. Na metodologia emergética usa-se a transformidade em relação à energia solar. Ou seja, a transformidade solar é a energia solar necessária para produzir um joule de um serviço ou produto. Sua unidade está em sej/J: joules de energia solar por joule (ODUM, 1996). Assim, quanto maior a transformidade de um recurso mais longe da origem ele estará, pois há muito “valor agregado” embutido nele. (PEREIRA, 2008)

2.5.2 RENOVABILIDADE

Este índice indica quanto da energia utilizada na produção é proveniente de fontes renováveis. Quanto maior a porcentagem de renovabilidade, maior a sustentabilidade do sistema. (LANZOTTI, 2000). A renovabilidade é obtida pela razão entre a energia dos recursos renováveis usados e a energia total usada no sistema.

2.5.3 RAZÃO DE RENDIMENTO EMERGÉTICO

Relação entre a energia do produto e a energia de todas as entradas do processo provenientes da economia. Segundo Odum (1996), essa taxa indica se o processo retorna mais para a economia em relação ao que é comprado para que ele seja produzido. Os índices obtidos para produtos agrícolas variam de 1 a 3.

2.5.4 RAZÃO DE INVESTIMENTO EMERGÉTICO

Este índice, segundo Pereira (2008), mede a proporção de energia das entradas do setor econômico em relação às entradas do meio ambiente. Este índice mede o quão econômico é o processo ao usar os investimentos da economia em comparação com outras alternativas existentes na região. Se a razão de um processo apresentar um valor de EIR superior em relação aos outros processos, ele terá menos chances de subsistir, pois apresenta maiores custos de produção e utiliza menos os recursos gratuitos da natureza.

2.5.5 RAZÃO DE INTERCÂMBIO EMERGÉTICO

Refere-se à relação entre a energia do produto e o dinheiro recebido quando da venda deste produto. Para LANZOTTI (2000), a economia local é prejudicada quando a venda de produtos fornece mais energia do que recebe em forma de poder de compra (dinheiro).

2.6 O SEMI-ÁRIDO

A região semi-árida, delimitação física do presente estudo, é uma área cuja característica marcante é a irregularidade pluviométrica. Conforme a CNDSAB (2008), o semi-árido

brasileiro se estende por uma área que abrange a maior parte de todos os Estados da Região Nordeste (oito estados, 86,48%), além do Sudeste (13,52%) também, ocupando uma área total de 974.752 km². Também chamado não tecnicamente de "Sertão", abrange os seguintes Estados do Brasil: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, além do Vale do Jequitinhonha, no Norte de Minas Gerais, e parte da região Norte do Espírito Santo, conforme a figura 1. O INSA (2009) reforça a irregularidade do regime pluvial e afirma que a média deste regime na região é de 400 a 800 mm anuais. Segundo o mesmo instituto, os solos da região são rasos, com ocorrência de vegetação do tipo xerófila, resistente a longos períodos de estiagem.



Figura 1. Mapa do Semi-Árido brasileiro.

Fonte: BNB (2009)

A despeito do bom índice pluvial da região - considerando que 200 milímetros em um ano são suficientes para dar água de qualidade a uma família de cinco pessoas em tal período (FEBRANAN, 2003) – as chuvas são mal distribuídas física e temporalmente. De acordo com o mesmo autor, devido às características climáticas da região, o semi-árido possui um dos maiores índices de evaporação do Brasil, o que torna reservatórios de água pouco profundos inúteis em épocas de seca.

A imagem difundida do semi-árido, como clima, sempre foi distorcida, conforme Malvezzi (2007):

Vendeu-se uma idéia de uma região árida, não semi-árida. É como se não chovesse, como se o solo estivesse sempre calcinado, como se as matas fossem secas e as estiagens durassem anos. As imagens de migrantes, de crianças raquíticas, do solo estorricado, dos açudes secos, dos retirantes nas estradas, dos animais mortos, a migração da Asa Branca. É um ponto de vista, ao mesmo tempo, real e ideológico, que muitas vezes serve para que se atribua à natureza problemas políticos, sociais e culturais, historicamente construídos.

As figuras 2 e 3 ilustram esta imagem a qual o autor se refere.



Figura 2. Crianças raquíticas sobre chão rachado.

Fonte: Diver[cidade] (2009)



Figura 3. Vegetação seca e animais mortos de sede.

Fonte: Intercomunicando (2009).

Entretanto, a idéia de que a condição semi-árida está diretamente relacionada com a baixa produtividade agrícola é totalmente falsa. Segundo Rebouças (1997), a região semi-árida do Brasil não é pior, em termos de potencialidades agrícolas, do que muitas outras áreas semi-áridas do mundo, notadamente o Oeste dos Estados Unidos. A existência de ilhas de sucesso e prosperidade no contexto semi-árido do Nordeste brasileiro indica ser extremamente viável a ocorrência de significativas e positivas mudanças no seu cenário agrícola, tal qual acontece em Petrolina (PE), conforme figura 4.



Figura 4. Plantação de uvas em Petrolina (PE).

Fonte: Viajeaqui(2009).

2.7 O GERGELIM

Também conhecido por sésamo, o gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta herbácea perene que, conforme Beltrão *et al* (2001), pertence à família *pedaliaceae*, tribo *sesamea* e gênero *sesamum*, com altura que pode chegar a três metros. Seu caule é ereto, com e sem ramificações, ocasionalmente apresentando pêlos. O fruto é do tipo cápsula com deiscência loculicida. A figura 5 apresenta plantas de gergelim com seus frutos.



Figura 5. Frutos de gergelim.

Fonte: Rural Bioenergia (2009).

Há divergências a respeito da origem do uso dessa oleaginosa que é, segundo Weiss apud Beltrão (2001), provavelmente a mais antiga usada pelo ser humano. Oplinger et al. Apud Morris (2002) afirmam que o óleo vegetal do gergelim era altamente valorizado da Babilônia e Assíria há cerca de 4.000 anos. No Brasil, de acordo com Beltrão (2001), a planta foi introduzida por portugueses, via colônias indianas, no século XVI.

As sementes de gergelim (figura 6) trazem inúmeros benefícios à saúde. De acordo com a World's Healthiest Foods - WHFoods (2009), elas são uma boa fonte de manganês, ligas de cobre, cálcio, magnésio, ferro, fósforo, vitamina B1, zinco e fibra alimentar. Além destes importantes nutrientes, as sementes de gergelim contêm duas substâncias únicas: sesamin e sesamol: ambas pertencem a um grupo de especial de fibras benéficas chamado lignans, já

tendo sido demonstrado que têm um efeito redutor de colesterol em humanos, como também evitam pressão arterial elevada. Ainda conforme a WHFoods (2009), o sesamin também protege o fígado de danos oxidativos.



Figura 6. Sementes de gergelim e óleo derivado.

Fonte: Rural Bioenergia (2009).

2.7.1 RELEVÂNCIA ECONÔMICA

O cultivo desta oleaginosa apresenta grande potencial econômico, devido às possibilidades de exploração, tanto no mercado nacional quanto no internacional, visto que suas sementes contam com cerca de 50% de óleo de excelente qualidade, que pode ser usado nas indústrias alimentar, química e farmacêutica (MORETTO & ALVES, 1986) citados por Barros *et. al* (2001).

O gergelim é quase todo comercializado sob a forma de semente e as transações com o óleo ainda são muito poucas, tendo sido necessário importar o produto a partir de 1990. Tais importações vêm crescendo gradativamente atingindo, no ano agrícola 1997/98, 209 toneladas. De acordo com Barros *et al.* (2001), a possibilidade de exportação de óleo para a Comunidade Européia, Japão, Israel e outros países possibilitará, em futuro próximo, maior projeção do produto brasileiro no mercado internacional.

O mercado mundial desta oleaginosa está em plena ascensão. O quantitativo de produtos industrializados com gergelim para o consumo vem aumentando muito (alimentação, cosméticos e farmacologia), gerando demanda do produto “*in natura*” (CATI, 1998).

A área plantada com gergelim no mundo, no ano de 2002, foi de 7.328.860 hectares, com produção estimada em 2.893.114 toneladas anuais e rendimento médio de 395 kg/ha (FAO, 2005). A importância mundial de gergelim em grão apresenta tendência crescente no mercado mundial que aumentou de 653,149 mil toneladas em 1997 para 726,05 mil toneladas em 2001, já os volumes exportados aumentaram de 676,789 mil toneladas para 759,770 mil toneladas no mesmo período (BARROS et al., 2001; FAO, 2004).

2.7.2 O GERGELIM NO BRASIL E NO NORDESTE

No Brasil do século XVI o gergelim foi introduzido na Região Nordeste pelos portugueses, sendo tradicionalmente plantado para consumo local. Na Venezuela, desenvolveu-se como cultura comercial em virtude das condições climáticas muito favoráveis, bem como dos trabalhos de pesquisa que difundiram tal cultura. Na América do Norte, foi introduzido no fim do século XVII por escravos africanos (ARRIEL et al, 2007).

O Brasil caracteriza-se como pequeno produtor de gergelim, com 15 mil toneladas produzidas numa área de 24 mil hectares e rendimentos médios em torno de 625 kg/ha nos período de 1999 a 2002 (FAO, 2004). A partir do ano agrícola de 1989/90, a importância econômica do gergelim tem crescido gradativamente e, à medida que foram sendo descobertas novas fontes de aproveitamento do grão e de seus subprodutos, o gergelim destacou-se num mercado sempre crescente, nos setores da panificação e na indústria de biscoitos, além de um mercado ainda não explorado, o óleo para consumo humano. Para atender a este crescente mercado, o Brasil passou a importar gergelim (BARROS et al., 2001).

Para Arriel et al (2007), a comercialização do gergelim no Nordeste brasileiro é bastante pulverizada e de difícil organização, principalmente por ser proveniente de pequenos agricultores, em poder dos quais se concentra a maior parte da produção. O que não pode ser considerado necessariamente um fato negativo, já que os pequenos agricultores podem atuar cooperativamente. Adicionalmente, destaca-se neste caso a vantagem de a renda obtida pela produção e comercialização do gergelim caber inteiramente aos produtores e não a grandes agroindústrias, o que contribui para a fixação do agricultor no campo e para a descentralização do capital.

Segundo BELTRÃO (2001), nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, o gergelim faz parte do consumo popular da classe de baixa renda, apresentando-se como opção extremamente importante, por se constituir em mais uma alternativa de renda e fonte de nutrientes para os pequenos e médios produtores. Conforme o mesmo autor, especificamente na região Nordeste, a exploração do gergelim permanece em nível de subsistência, com poucos excedentes comercializáveis, apesar da boa adaptação da cultura à região, das condições climáticas favoráveis, facilidade de cultivo, alta produção, dos valores de mercado compensadores e da alta qualidade nutricional de seus subprodutos, o que é alternativa para amenizar o agravante quadro de carência alimentar, sobretudo na população de baixa renda.

2.8 ADUBAÇÃO POR TORTA DE MAMONA

A definição de torta de mamona, para Azevedo e Lima (2001), é o resíduo da extração do óleo das sementes da mamoeira (*Ricinus communis*). Trata-se de um produto com elevado teor de proteínas, produzido na proporção aproximada de 1,2 tonelada para cada tonelada de óleo extraída.

De acordo com Costa et al (2004), possui excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, tendo elevado teor de nitrogênio e outros importantes nutrientes (quadro 1). O principal uso da torta de mamona tem sido como adubo orgânico, pois usos mais nobres, como alimento animal, ainda dependem de tecnologia industrial para sua destoxicação e desalergênização, conforme Severino (2005):

A torta de mamona é o mais tradicional e importante subproduto da cadeia produtiva da mamona, produzida a partir da extração do óleo das sementes desta oleaginosa. Em todo o mundo, seu uso predominantemente tem sido como adubo orgânico de boa qualidade, pois é um composto ricamente nitrogenado, eficiente na recuperação de terras esgotadas, embora possa obter valor significativamente maior se utilizada como alimento animal (após ser moído e obtido o farelo), aproveitando o alto teor de proteínas. Porém este uso não tem sido possível devido à presença de elementos tóxicos e alergênicos em sua composição e à

inexistência de tecnologia viável em nível industrial para seu processamento. A torta é um importante co-produto da cadeia produtiva da mamona e a possibilidade de aumento nacional de mamona faz crescer a necessidade de agregar-lhe maior valor como adubo orgânico.

Quadro 1. Composição da torta de mamona

Fração	Teor (%)
Matéria seca	91,5
Proteína bruta	42,5
Fibra	20,04
Cálcio	0,68
Fósforo	0,78
Extrato estéreo	4,23

Fonte: Adaptado de Souza (1979)

De acordo com Severino (2005), na Índia, principal país produtor de mamona do mundo, cerca de 85% da torta de mamona é utilizada como fertilizante orgânico. Além de ser uma excelente fonte de nitrogênio, pois sua liberação não é tão rápida quanto a de fertilizantes químicos, nem tão lenta quanto a de esterco animal, apresentando propriedades inseticida e nematicida.

A torta de mamona possui a característica de alta mineralização e, conseqüentemente, liberação de nutrientes. Conforme Severino apud Santos (2009), a velocidade de mineralização da torta, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

2.9 AGRICULTURA IRRIGADA

2.9.1 IRRIGAÇÃO

O estilo de vida das pessoas, assim como o desenvolvimento industrial e agrícola e a sustentabilidade ambiental são estreitamente ligados à oferta de água no mundo. Em algumas regiões do planeta, o consumo de água é muito superior à oferta, ocasionando redução da disponibilidade superficial e subterrânea deste recurso. Conforme Costa (2003), tal situação tem causado sérias limitações para o desenvolvimento de várias regiões, restringindo o atendimento às necessidades humanas e degradando ecossistemas aquáticos.

Dentro do panorama de escassez hídrica, a atividade de irrigação é a maior consumidora de água entre os diversos usos desse recurso natural. Os consumos específicos variam bastante, a depender do método de irrigação empregado. A natureza do solo, o tipo de requerimentos das diferentes culturas e os índices de evaporação das regiões são elementos importantes para se definir o consumo de água para irrigação. Costa (2003) afirma que cerca de 250 milhões de hectares são irrigados no mundo hoje, quase cinco vezes mais do que no início do século XX. A irrigação tem ajudado a aumentar a produção dos campos agrícolas e estabilizar a produção e preços de alimentos. Entretanto, a autora alerta que o crescimento populacional apenas aumentará a demanda por mais água para irrigação, visando atender as necessidades de produção de alimentos.

2.9.2 REUSO DE ÁGUA

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável.

O reuso apresenta diversas vantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental, listadas a seguir:

- a) Propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- b) Minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- c) Estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
- d) Permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
- e) Possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
- f) Provoca aumento da produtividade agrícola; Gera aumento da produção de alimentos; e
- g) Permite maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

Conforme Guidolim (2000), é imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes urbanos brutos, destacando a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como de micronutrientes, como As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, alguns deles necessários ao desenvolvimento vegetal e outros até fitotóxicos.

A utilização de microrganismos no saneamento básico e ambiental é prática comum desde os primórdios do desenvolvimento dos processos biológicos de tratamento de águas residuárias e resíduos sólidos. É evidente, que a capacidade microbiana de catabolizar diferentes compostos orgânicos e inorgânicos, naturais ou sintéticos, extraíndo desses compostos fontes nutricionais e energéticas, é o que possibilitou o emprego desses agentes biológicos, pela engenharia sanitária, como solução aos problemas gerados pelos rejeitos lançados no meio ambiente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a concepção inicial do presente estudo, foram feitas pesquisas bibliográficas envolvendo, primeiramente, coleta e análise anteriores referentes ao uso de águas residuárias e utilização de biofertilizantes na agricultura. Posteriormente, este tipo de pesquisa consistiu em uma coleta e análise de bibliografias referentes à avaliação e metodologia emergética. Gil (2008) caracteriza a pesquisa bibliográfica como aquela desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.

3.1 O EXPERIMENTO

A segunda etapa da pesquisa foi executada conjuntamente com Santos (2009) e consistiu na preparação, condução e coleta de dados de um experimento de cultura de gergelim. Além de servir para o objetivo da autora, que foi o de estudar o efeito da irrigação com água residuária tratada e da adubação com torta de mamona no crescimento e produção de duas cultivares de gergelim, o experimento e seu ambiente foi propício para aplicação da metodologia emergética, objetivo do presente estudo.

O experimento em questão foi desenvolvido durante os meses de janeiro a abril do ano de 2008, na cidade de Campina Grande/PB ($7^{\circ}15'18''$ latitude sul e $35^{\circ}52'28''$ longitude oeste), na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, em área de pesquisa do Programa de Saneamento Básico – PROSAB, de acordo com a figura 7.

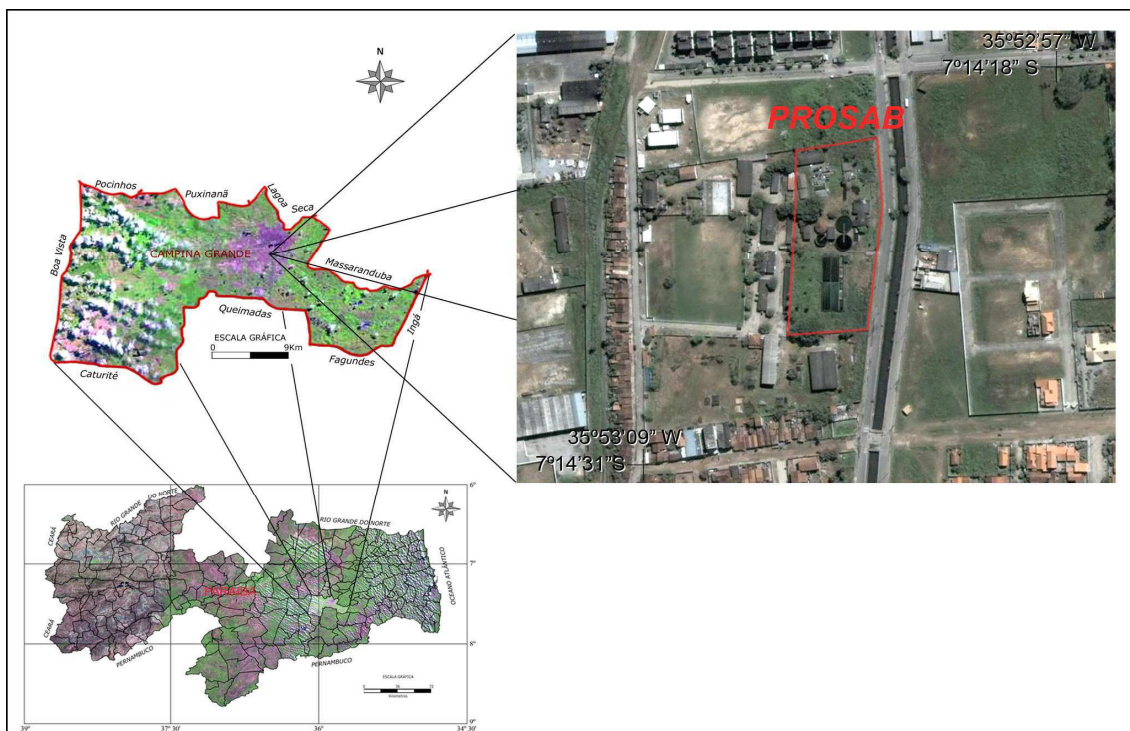


Figura 7. Localização do PROSAB.

Fonte: Elaboração própria.

3.1.1 ADMINISTRAÇÃO DO EXPERIMENTO

Foram preparados 72 (setenta e dois) recipientes de plástico com capacidade de 20 (vinte) litros para o plantio e desenvolvimento do mesmo número de cultivares de gergelim, montados em uma estrutura de ferro de madeira a aproximadamente 1 (um) metro do chão. Cada um dos recipientes sofreu uma perfuração no fundo para permitir a drenagem, por uma pequena mangueira, a receptáculos confeccionados de garrafas plásticas tipo PET instalados embaixo da estrutura, logo abaixo dos recipientes. A figura 8 é uma vista geral do experimento em sua fase inicial.



Figura 8 – Fotografia do experimento. PROSAB – Campina Grande/PB, 2008.

3.1.2 SEMENTES

Foram utilizadas duas variedades de gergelim, o CNPA G3 e CNPA G4, ambas cedidas pela Embrapa Algodão situada na cidade de Campina Grande, PB.

A cultivar CNPA G3 foi obtida por seleção genealógica da cultivar Tegel, que apresenta porte médio (até 1,60 m), ciclo de 90 a 100 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes, cor de sementes creme, sendo esta resistente a mancha angular e indicada para a região Semi-Árida Nordestina, onde a mancha angular é a principal doença da cultura. Já a cultivar CNPA G4 foi obtida por seleção genealógica da cultivar Zirra FAO 51284, que apresenta porte em média de 1,55m, ciclo de 90 dias, hábito de crescimento ramificado, floração e maturação uniformes, cor de semente creme, tolerante à murcha de *Macrophomina*, à mancha angular e à cercosporiose é indicada para as condições de cultivo na Região Nordeste e no cerrado de Goiás (ARRIEL ET AL, 2007).

3.1.3 O SOLO

Após a montagem da estrutura física, os recipientes foram preenchidos com material de solo proveniente do próprio ambiente onde foi estabelecido o experimento. Tal solo é classificado como Neossolo Regolítico psamítico solódico segundo a EMBRAPA (1999), de textura

franca arenosa, baixa fertilidade natural e baixo teor de matéria orgânica. A Figura 9 corresponde a um dos recipientes e revela o solo utilizado no experimento.



Figura 9 – Solo empregado no experimento

Em análise de fertilidade do solo do experimento realizada pelo laboratório de irrigação e salinidade do DEAg (Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande), obteve-se os seguintes resultados, apresentados na tabela 1:

Tabela 1. Resultados da análise de fertilidade do solo do experimento.

Características químicas*	
pH em água	6,03
Matéria orgânica (%)	0,73
Fósforo assimilável (mg/ 100g de solo)	0,88
Potássio (meq/100g de solo)	0,30
Alumínio (meq/100 g de solo)	0,06
Cálcio (meq / 100g de solo)	1,90
Magnésio (mg/ 100g de solo)	0,64
Sódio (mg/ 100g de solo)	0,07
Hidrogênio (mg/ 100g de solo)	0,52
Carbonato de cálcio qualitativo	Ausência
Carbono orgânico %	0,40
Nitrogênio %	0,06
Cond. Elétrica (mmhos/cm, suspensão solo-água)	0,23

Fonte: Santos (2009).

3.1.4 PLANTIO

Para o processo de plantio das sementes de gergelim, foram utilizadas 8 (oito) sementes por recipiente, sendo introduzidas a 2 (dois) centímetros de profundidade. Após 15 (quinze) e 30 (trinta) dias após a germinação, foram efetuadas a primeira e a segunda operação de desbaste, respectivamente. O desbaste consiste no ato de retirar algumas plantas em detrimento de outras consideradas mais vistosas e propícias para fins de pesquisa,. Após as duas operações de desbaste, permaneceu apenas uma cultivar de gergelim por recipiente.

3.1.5 ADUBAÇÃO

Foram dois os tipos de adubo utilizados no experimento: o orgânico (torta de mamona) e o mineral (NPK). A adubação com NPK foi assim distribuída: 60 (sessenta) Kg de N; 60 (sessenta) Kg de P₂O₅ e 40 (quarenta) Kg de K₂O. Este tipo de adubação foi efetuado em duas etapas: no início do plantio e após 30 dias. A adubação por torta de mamona, por sua vez, foi introduzida em sua totalidade no solo dos recipientes 30 (trinta) dias antes do plantio

3.1.6 IRRIGAÇÃO

Conforme objetivo específico do presente estudo, dois tipos de água foram utilizados para a irrigação das cultivares de gergelim: a água de abastecimento, oriunda do sistema de abastecimento de Campina Grande, e a água residuária, proveniente do sistema de tratamento instalado no PROSAB, que era bombeada para um reator do tipo UASB – sigla para Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Figura 10).

Santos (2009) assim descreve o funcionamento do reator UASB no experimento:

O mesmo era alimentado de forma contínua com esgoto doméstico bruto, captado através de uma bomba submersa instalada dentro do poço de visita instalado na localidade experimental e lançado em um tubo de PVC dotado de uma bóia controladora de nível e tinha a função de reservatório distribuidor, onde por gravidade o esgoto era conduzido até o tanque de alimentação do sistema. Não se aplicou nenhuma substância química que pudesse mudar a natureza do esgoto bruto.



Figura 10 – Reator UASB

A tabela 2 apresenta as características físicas e operacionais do reator UASB:

Tabela 2. Características físicas e operacionais do reator UASB.

Características Físicas e Operacionais	
Forma de Operação	Contínua
Tempo de Detenção Hidráulica – TDH (h)	6,0
-1	2
Vazão afluyente (L.h ⁻¹)	
Substrato	Esgoto bruto

Fonte: Santos (2009)

No que se refere às características físico-químicas das águas de abastecimento e residuária tratada, estas foram obtidas por análises do Laboratório de Solo da EMBRAPA ALGODÃO e são apresentadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Composição físico-química da água de abastecimento.

Parâmetro	Unidade	Água de Abastecimento
Condutividade elétrica	Micromhos/cm a 25°C	572
Potencial Hidrogeniônico (pH)		7,0
Cloretos em Cl ⁻	mg/l	142,0
Sulfatos em SO ₄ ⁼		Leves traços
Alcalinidade de Hidróxidos em CaCO ₃		ausência
Alcalinidade de Carbonato em CaCO ₃	mg/l	20,0
Alcalinidade de Bicarbonato em CaCO ₃	mg/l	70,0
Cálcio em Ca ⁺⁺	mg/l	36,0
Magnésio em Mg ⁺⁺	mg/l	22,8
Sódio em Na ⁺	mg/l	92,0
Potássio em K ⁺	mg/l	7,02
Dureza Total em CaCO ₃	mg/l	185,0
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)		3
Classe		C ₂ S ₁

Fonte: SANTOS (2009)

Tabela 4. Composição físico-química da água residuária tratada

Parâmetro	Unidade	Água de Abastecimento
Condutividade elétrica	Micromhos/cm a 25°C	1.205
Potencial Hidrogeniônico (pH)		7,4
Cloretos em Cl ⁻	mg/l	248,5
Sulfatos em SO ₄ ⁼		Leves traços
Alcalinidade de Hidróxidos em CaCO ₃		ausência
Alcalinidade de Carbonato em CaCO ₃	mg/l	70,0
Alcalinidade de Bicarbonato em CaCO ₃	mg/l	215,0
Cálcio em Ca ⁺⁺	mg/l	54,0
Magnésio em Mg ⁺⁺	mg/l	28,8
Sódio em Na ⁺	mg/l	207,0
Potássio em K ⁺	mg/l	31,2
Dureza Total em CaCO ₃	mg/l	255,0
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)		6
Classe		C ₃ S ₂

Fonte: SANTOS (2009)

3.1.7 ESTABELECIMENTO E DISPOSIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi constituído por 24 (vinte e quatro) tratamentos com 3 (três) repetições cada, totalizando, assim, as já referidas 72 (setenta e duas) unidades experimentais. Os 24 (vinte e quatro) tratamentos foram compostos por duas cultivares (G3 e G4), dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada), cinco doses de torta de mamona de 0, 2, 3, 4 e 5 ton/ha e quatro testemunhas (G3 com NPK e água residuária, G3 com NPK e água de abastecimento, G4 com NPK e água residuária e G4 com NPK e água de abastecimento).

Convertendo-se a descrição do parágrafo anterior em uma análise fatorial para facilitar a sua visualização, obtem-se:

[2(cultivares) x 2(tipos de água) x 5 (doses de torta de mamona) + 4 (testemunhas)] x 3 (repetições) = 72 unidades experimentais

Os 24 (vinte e quatro) tratamentos são assim descritos:

T1 (G3A1D1) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 0 ton/ha de torta de mamona

T2 (G3A1D2) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 2 ton/ha de torta de mamona

T3 (G3A1D3) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 3 ton/ha de torta de mamona

T4 (G3A1D4) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 4 ton/ha de torta de mamona

T5 (G3A1D5) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 5 ton/ha de torta de mamona

T6 (G3A1NPK) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + NPK

T7 (G3A1D0) : Cultivar CNPA G3 + água residuária tratada + 0 ton/ha de torta de mamona

T8 (G3A1D2) : Cultivar CNPA G3 + água residuária tratada + 2 ton/ha de torta de mamona

T9 (G3A1D3) : Cultivar CNPA G3 + água residuária tratada + 3 ton/ha de torta de mamona

T10 (G3A1D4) : Cultivar CNPA G3 + água residuária tratada+ 4 ton/ha de torta de mamona

T11(G3A1D5) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + 5 ton/ha de torta de mamona

T12 (G3A1DNPK) : Cultivar CNPA G3 + água de abastecimento + NPK

T13 (G3A1D1) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 0 ton/ha de torta de mamona

T14 (G3A1D2) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 2 ton/ha de torta de mamona

T15 (G3A1D3) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 3 ton/ha de torta de mamona

T16(G3A1D4) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 4 ton/ha de torta de mamona

T17(G3A1D5) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 5 ton/ha de torta de mamona

T18 (G3A1NPK) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + NPK

T19 (G3A1D0) : Cultivar CNPA G4 + água residuária tratada + 0 ton/ha de torta de mamona

T20 (G3A1D2) : Cultivar CNPA G4 + água residuária tratada + 2 ton/ha de torta de mamona

T21 (G3A1D3) : Cultivar CNPA G4 + água residuária tratada + 3 ton/ha de torta de mamona

T22 (G3A1D4) : Cultivar CNPA G4 + água residuária tratada+ 4 ton/ha de torta de mamona

T23 (G3A1D5) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + 5 ton/ha de torta de mamona

T24 (G3A1DNPK) : Cultivar CNPA G4 + água de abastecimento + NPK

3.1.8 OBTENÇÃO DE DADOS REFERENTES À PRODUÇÃO

Depois da maturação e início da abertura natural das cápsulas, as mesmas foram extraídas das plantas e introduzidas em recipientes de papel, que foram devidamente catalogados e levados ao Laboratório de Irrigação e Drenagem (LEID), na UFCG. Neste ambiente, as sementes de cada uma das cápsulas foram retiradas e postas em pequenos envelopes de papel, também catalogados.

Após esta preparação, as cápsulas de cada um dos recipientes foram contadas manualmente e devolvidas aos recipientes, que foram levados a uma estufa para retirada de umidade. Na sequência, as cápsulas foram imediatamente pesadas em balança de precisão. Os envelopes contendo as sementes previamente retiradas também sofreram processo de secagem na estufa e foram pesadas na mesma balança. Finalmente, foram separadas 100 (cem) sementes aleatórias de cada envelope e estas também passaram por processo de pesagem.

Assim, foram os seguintes aspectos considerados para a obtenção de dados referentes à produção de gergelim para cada uma das unidades experimentais:

- a) Quantidade de cápsulas
- b) Peso das cápsulas
- c) Peso das sementes
- d) Peso de 100 (cem) sementes

3.2 A AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DO SISTEMA IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

A terceira e mais relevante etapa do estudo - por se tratar do objetivo geral do mesmo - foi a avaliação emergética do sistema irrigado com água residuária. Esta etapa teve importante participação da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), através do LEIA (Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada), pertencente a FEA (Faculdade de Engenharia de Alimentos), uma vez que o aprendizado do mestrando sobre a metodologia empregada foi adquirida nesta instituição.

Tal metodologia, proposta por Odum (1971), consiste em 3 (três) etapas:

- a) Construção do diagrama sistêmico a fim de verificar e organizar os elementos e os relacionamentos do sistema;
- b) Elaboração da planilha de avaliação emergética com os fluxos obtidos pelo diagrama quantificados; e
- c) Obtenção dos índices emergéticos, que permitem avaliar a situação sócio-econômica e ambiental do sistema.


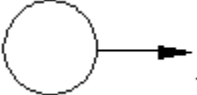
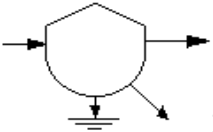

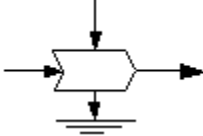
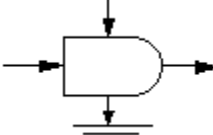
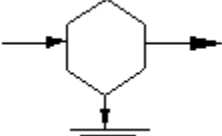

As três etapas supracitadas estão descritas a seguir.

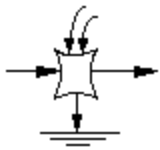

3.2.1 DIAGRAMA SISTÊMICO

Frente ao exposto no item referente ao Agroecossistema na revisão bibliográfica do presente trabalho, se pode conceber o diagrama do agroecossistema, que é o mesmo representado graficamente com suas respectivas fontes e fluxos de energia e demais interações.

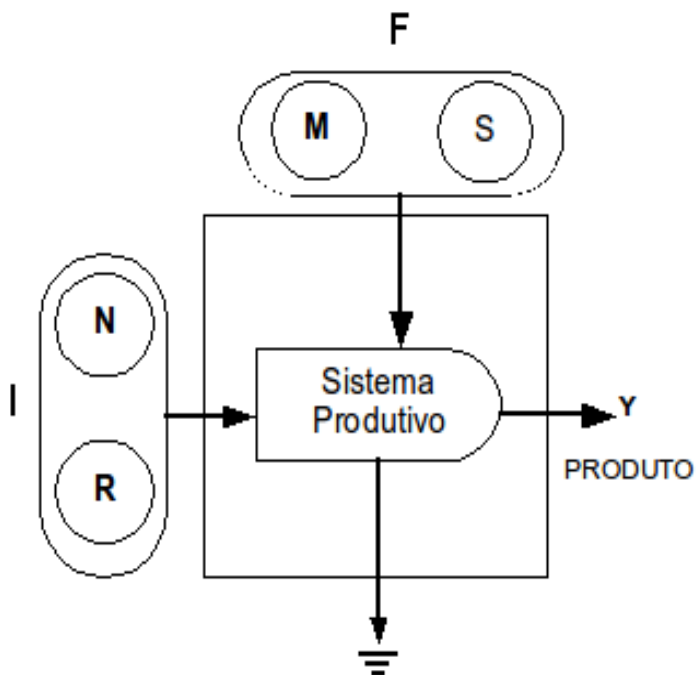
O quadro 2 expõe os símbolos utilizados no diagrama e a figura 11 apresenta um diagrama resumido de um agroecossistema a partir do qual se engendrarão os diagramas do sistema de produção de gergelim.

Quadro 2. Simbologia da metodologia emergética.

Símbolo	Denominação	Descrição
	Caminho Energético	fluxo de energia ou materiais.
	Fonte de Energia	energia que acompanha cada recurso usado pelo ecossistema, como o sol, o vento, as marés, as ondas nas praias, a chuva, as sementes trazidas pelo vento e pelas aves.
	Depósito	é um lugar onde a energia se armazena. Ex: recursos como biomassa florestal, solo, matéria orgânica, água subterrânea, areia, nutrientes, etc.
	Sumidouro de Calor	energia dispersa e que não pode ser reutilizada, como a energia solar não aproveitada durante a fotossíntese, e o calor que sai pelo metabolismo animal. Estas dispersões estão associadas a depósitos, interações, produtores, consumidores, e símbolos de interrupção.
	Interação	processo que combina diferentes tipos de fluxo de energia e de materiais.
	Produtor	unidade que faz produtos a partir de energia e materiais primários, como árvores, colheitas ou fazendas.
	Consumidor	unidade que utiliza os produtos fabricados pelos produtores, como insetos, gado, microorganismos, seres humanos e cidades.
	Transação	intercâmbio comercial de dinheiro para energia, materiais ou serviços prestados.

	<p>Interruptor</p>	<p>processo que inicia e termina, que não é constante, como um incêndio ou a polinização das flores</p>
	<p>Caixa</p>	<p>símbolo para definir os limites de um sistema, subsistema, etc.</p>

Fonte: Odum et al (1997)



LEGENDA:

R (Recursos renováveis); N (Recursos não-renováveis); M (Materiais); S (Serviços)

Energia total incorporada: $Y = (R+N) + (M+S) = I + F$

Expressa a quantidade de recursos necessários para a produção de um produto específico por unidade de tempo e de área.

$Y = I + F =$ Contribuição da natureza + contribuição da economia humana

$I = R + N =$ Recursos renováveis + recursos não renováveis

$F = M + S =$ Materiais e serviços da economia.

Figura 11. Diagrama resumido do agroecossistema.

Fonte: Brown (1998)

3.2.2 PLANILHA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

A segunda etapa consiste na conversão das linhas dos fluxos de entrada do diagrama em linhas na planilha, as quais são avaliadas como fluxos de unidades por ano. A referida planilha é apresentada pelo Quadro 3.

Quadro 3. Planilha de avaliação emergética.

	Fluxo em unidades comuns	Fluxo em unidades padrão	Emergia (SEJ) por unidade	Fluxo em Emergia	%
I (Recursos da Natureza)					
R (Recursos Renováveis)					
N (Recursos não Renováveis)					
F (Recursos da economia)					
M (Materiais)					
S (Serviços)					
Y (Total)					

3.2.3 ÍNDICES EMERGÉTICOS

A obtenção dos índices emergéticos, que tornam possíveis avaliações sobre a situação ambiental e sócio-econômica do sistema, refere-se à terceira etapa da metodologia emergética. Os índices, que foram aclarados nos itens X da revisão bibliográfica, têm suas respectivas equações apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Índices energéticos e suas equações.

Índice	Equação
Transformidade	$Tr = Y / E$
Renovabilidade	$\%R = (R / Y) \times 100$
Razão de Rendimento Emergético	$EYR = Y / F$
Razão de Investimento Emergético	$EIR = F / I$
Razão de Intercâmbio Emergético	$EER = Y / [\text{produção unitária} \times \text{preço} \times \text{(energia/dólar)}]$

Onde:

Y = energia total do sistema ou produto

E = energia solar do serviço

R = energia dos recursos renováveis

N = energia dos recursos não-renováveis

F = energia das entradas originadas da economia

I = energia das entradas do meio ambiente

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 INDICADORES DE PRODUÇÃO DE GERGELIM

Os resultados analisados da variância para os tratamentos e para os contrastes das variáveis referentes à produção encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Resumo das análises de variância dos indicadores de produção da cultura do gergelim

Causa de Variância	Quadrados Médios				
	GL	Alura de insecção do primeiro fruto	Número de frutos	Peso de frutos	Peso 100 Sementes
Cultivar	1	275,04167ns	32062,816667 **	8,184427ns	0,000027ns
Água	1	139,5375ns	55754,016667 **	434,273607 **	0,000807ns
Dose	4	301,979167ns	13135,691667 **	156,771989 **	0,001456ns
Cultivar x água	1	0,104167ns	1826,016667ns	5,30447ns	0,000667ns
Cultivar x dose	4	16,454167ns	932,191667ns	13,078931ns	0,000914ns
Água x dose	4	214,745833ns	1471,558333ns	68,824311**	0,006919 **
Cultivar x água x dose	4	245,937500ns	1299,058333ns	8,355539ns	0,004354 ns
Bloco	2	538,754167ns	985,4ns	3,841052ns	0,001722ns
Contrates					
Tratamento					
Fator vs testemunha 1	1	187,624 **	2904,41ns	8,02187ns	0,131254 **
Fator vs testemunha 2	1	30,9573ns	1194,86ns	15,80992ns	0,000587ns
Fator vs testemunha 3	1	479,76ns	1865,15ns	7,60046ns	0,002746ns
Fator vs testemunha 4	1	46,6716ns	870ns	2,738403ns	0,00009ns
Resíduo	46				
CV (%)		16,44	25,58	27,05	11,22

Fonte: Santos (2009)

Conforme a Tabela 6, a cultivar CNPA G4 foi superior em número de frutos tanto na irrigação por água residuária como por água de abastecimento em relação à cultivar CNPA G3.

Tabela 6. Média do indicador de produção número de frutos em função dos fatores tipos de água e cultivar

	Água de abastecimento	Água residuária
CNPA G3	108.433333 Aa	101.066667 Aa
CNPA G4	154.666667 Bb	162.033333 Bb

As médias assinaladas com a mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, o mesmo acontece para as letras minúsculas.

A variável de produção foi influenciada pelo tipo de água de irrigação. Constatou-se que, para a irrigação com água residuária, o peso de frutos das cultivares analisadas foram maiores quando comparadas com a de irrigação de água de abastecimento, como mostra na Tabela 7. Este aumento pode ser explicado pelo fato de que a água residuária supriu, além das necessidades hídricas da cultura, a demanda destas por nutrientes.

Tabela 7. Média dos fatores tipos de água e dose de torta de mamona, referente ao desdobramento de sua interação significativa para a variável peso de frutos.

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4	Dose 5
Água de abastecimento	2.551 a	12.526 a	13.705 a	17.740 a	16.096 a
Água residuária	15.916 b	18.406 a	17.698 a	20.148 a	17.353 a

Em cada coluna médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

Pode ser observada, na Tabela 8, que o indicador de produção peso de 100 sementes foi superior para as plantas irrigadas com água residuária com dose 1, que é a ausência de adubação.

Tabela 8. Média dos fatores tipos de água e dose de torta de mamona, referente ao desdobramento de sua interação significativa para a variável peso de 100 sementes

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4	Dose 5
Água de abastecimento	0.291 a	0.286 a	0.266 a	0.288 a	0.278 a
Água residuária	0.351 b	0.305 a	0.323 b	0.310 a	0.321 a

Fonte: Santos (2009).

Em cada coluna médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

4.2 DIAGRAMA DE FLUXO EMERGÉTICO

Por meio da figura 12, que apresenta o diagrama de fluxos emergéticos, constata-se o processo complexo associado à produção da cultura do gergelim, que envolve recursos naturais como chuva, sol, vento, solo, sementes e até processos tecnológicos como o tratamento de esgoto que favoreceu o uso da água residuária, rica em nutrientes para o sistema produtivo.

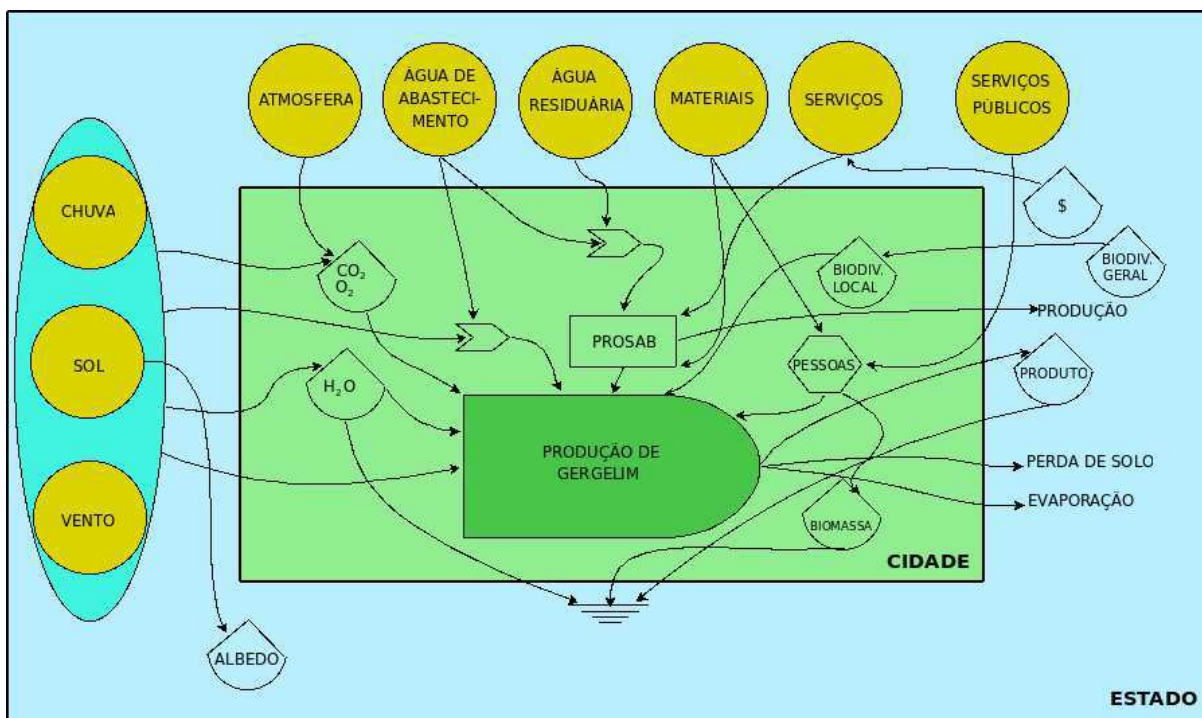


Figura 12. Diagrama ecossistêmico da região do PROSAB na produção do gergelim utilizando água residuária.

O exame do diagrama de fluxo emergético permite converter os fluxos em linhas da planilha de avaliação emergética, que é a etapa seguinte da avaliação emergética.

4.3 PLANILHA DE AVALIAÇÃO EMERGÉTICA

O quadro 5 corresponde aos resultados obtidos na avaliação emergética do sistema produtivo da cultura do gergelim.

Quadro 5. Avaliação Emergética do sistema de produção do Gergelim em Água Residuária (Modelo Geral) .

ITEM (1)	FRAÇ REN. (2)	UNIDADE (3)	UNID./ ANO (4)	TRANF. Sej/UNID (5)	FLUXO EMERG (6)	FLUXO E.Ñ.R. (7)	FLUXO E.TOT. (8)	% (9)
Rec.Naturais								
Renováv. (R)								
1. Sol	1	J	2,16E+12	1,00E+00	2,16E+12	0	2,16E+12	0,0
2. Chuva	0,8	J	5,00E+03	4,70E+04	1,18E+14	0	1,18E+14	0,1
3. Vento	1,3	J	1,00E+00	2,45E+03	1,62E+13	0	1,62E+13	0,0
4. Pessoas	1,7	J	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	0	2,00E+01	2,4
5. B. Sem.	10,0	Kg	1,00E+00	1,47E+12	1,47E+13	1,43E+12	2,9E+14	14,0
6. Nutrientes	10	Kg	1,00E+00	3,00E+12	3,00E+13	2,98E+12	5,98E+13	21,0
7. Nitrogenio	181	Kg	1,00E+00	4,61E+12	8,34E+14	8,01E+14	16,35E+15	32,0
8. Sedim.(C)	0,5	Kg	1,00E+00	3,30E+12	1,65E+12	1,60E+11	3,25E+13	2,7
Ñ. Renv. (N)								
Rec.Ecn. (F)								
Mater. (M)								
9. Sem.Fisc.	5	Kg	1,00E+00	1,47E+12	1,47E+13	1,40E+12	2,87E+13	14,0
10. A.A.Abt.	100	R\$	2,50E+00	1,00E+13	4,00E+15	3,92E+14	7,92E+15	28,0
11.A.A.Res.	900	R\$	2,50E+00	1,00E+13	2,25E+16	0,10	6818,18	0,00
12.Cond.elet.	250	R\$		6,70E+12	1,68E+15	0,92	507,58	0,00
13.Fosf.Tot	20	R\$	2,99E+05	2,70E+04	1,61	14,00	0,05	0,38
14.Potássio	20	1,25	2,70	7,32	2,80	0,29	6,93	0,69
15.DQO	30	1,90	2,70	7,32	12,60	0,00	0,00	0,00
16.Bomba	20	3,80	9,36	7,32	2,80	320,00	1,00	320
17.Canos	15	1,73	6,10	7,32	2,11	80,00	1,00	80
18.Mangueira	10	1,60	5,20	7,32	1,40	160,00	1,00	160
19.Garrafa	72	7,30	1,96	7,32	8,45	400,00	4,00	1600
20.Baldes	72	1,60	5,20	7,32	1,40	160,00	1,00	160
21.Bancada	100	8,00	3,90	7,32	9,85	6,00	1,00	6,00

22.EPI	20	3,14	43,0	1,55	25,00	200,00	1,00	200
23.Balança	15		2,2	1,13	7,04	12,00	1,00	12
24.Aço	4		6,70	8,93	1,40	3,19	0,45	0,61
25.Madeira	400	3,90	3,90	165	5,60	10000,00	1,00	2,50
Serviços (S)								
26. M.O.S.	50	2,80	8,04	1,13	1,26	600	2,00	100
27. M.O.Q.	100	1,31	3,46	3,80	2,35	98	1,00	280
28. A.Tec.	50	\$/ha	3,30	1,65	0,51	50,00	1,00	50
S.Adicionais								
29. T. Efl.	0,33	R\$	2,50E+00	3,30E+12	2,7E+12	2,70E+10	4,72E+12	0,46
30. T.M.R.	0,01	R\$	2,50E+00	3,30E+12	8,25E+10	8,01E+09	16,7E+10	0,00
31.E.Elet.	0,34	R\$	2,50E+00	2,50E+12	3,44E+12	3,20E+10	6,64E+12	0,34
Proc.Prd.(Y)								
20. Gergelim. (Resid.)				Emergia Total = 1,13E+22 sej/aha				

No quadro 5 observa-se as contribuições mais importantes na produção do gergelim irrigado com água residuária, que são a mão-de-obra empregada adicionada aos serviços adicionais, o que corresponde a $1,1E+22$ sej/ano ou 60% do total dos recursos empregados. Os materiais que compõem o experimento representam a segunda maior contribuição, correspondendo a $2,54E+16$ sej/ano ou 25% do total dos recursos. As perdas encontradas na produção do gergelim irrigado com água residuária são em torno de 4,8\$/ha.ano, já que, apesar dos riscos da contaminação e danos ao meio ambiente, possui nutrientes que auxiliam no desenvolvimento vegetal com maior aproveitamento de nutrientes do solo e também da água rica em matéria orgânica.

Percebe-se, assim, que o investimento do projeto quanto aos serviços adicionais e mão-de-obra inviabiliza a produção da cultura. Entretanto, de acordo com esta simulação, é possível identificar as perdas e ajustar os erros demonstrados.

O diagrama de fluxo de emergia na produção do gergelim irrigado com água residuária é ilustrado pela figura 13. Sua utilidade e importância consistem no fato de refletirem os

somatórios dos diferentes insumos que contribuem para o sistema produtivo, além da energia total da produção.

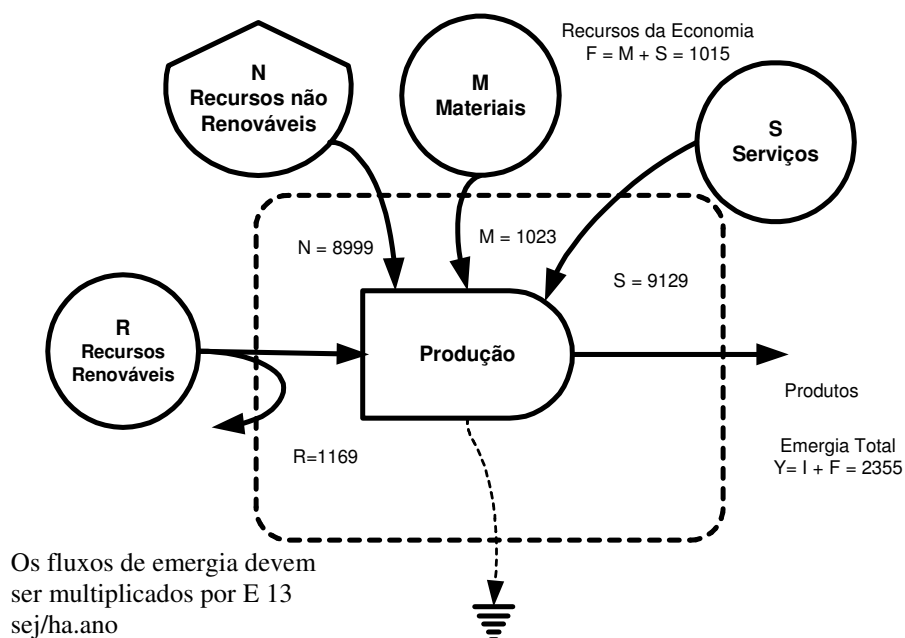


Figura 13. Diagrama de fluxo de energia agregado da produção de Gergelim (modelo geral)

Em análise emergética de sistema de cultura de algodão colorido irrigado com água residuária, Batista (2008) obteve os seguintes fluxos de energia: Recursos não renováveis (N): 1308; Recursos Renováveis (R): 2635; Materiais (M): 2137; Serviços (S): 2846; Energia total (Y): 8926. Em comparativo com o referido trabalho, percebe-se que o experimento analisado pelo presente estudo sofreu grande influência de recursos não-renováveis e, principalmente, de serviços provenientes da economia, como a vigilância em período integral do ambiente, análises químicas de água e solo e montagem física do experimento. Desta forma, identificam-se os fluxos de energia que mais afetaram o experimento, que são o de recursos não-renováveis e o de serviços.

4.3 ÍNDICES EMERGÉTICOS

Os indicadores emergéticos que foram calculados para a produção do gergelim irrigado com água residuária, que correspondem à terceira e última etapa da metodologia emergética, são apresentados no quadro 6.

Quadro 6. Indicadores Emergéticos da produção de gergelim irrigado com água residuária

ÍNDICE	CÁLCULO	VALOR	UNIDADE
Transformidade	$TR = Y/E$	430000	Sej/J
Renovabilidade	$\%R=100.(R+Mr+Sr)/Y$	49	----
Rend. Emergético	$EYR=Y/(Mn+Sn)$	1,86	----
Invest. Emergético	$EIR=(Mn+Sn)/(R+Mr+Sr+N)$	10,0	----
Interc. Emergético	$EER=Y/[(\$). (sej/\$)]$	6,01	----

Fonte: Pesquisa – Projeto Gergelim (2008).

Verifica-se que o valor do indicador transformidade encontrado é elevado, estando próximo ao limite máximo, que é de 500.000 (Pereira, 2008). Isto ocorreu porque a produção do gergelim demandou muitos serviços especializados, como o tratamento do esgoto doméstico. Entretanto, o cálculo não computou o ganho ambiental pela não disposição deste esgoto nos corpos hídricos do entorno.

Ainda de acordo com a tabela acima podemos identificar que o indicativo de renovabilidade ficou em torno de 49 %, que de acordo com a simulação representa indicativo alto uma vez que a tabela maximiza os valores até 70%. Tal fato advem do alto investimento de mão-de-obra e serviços, que contribuiu para a elevação deste indicador.

A taxa de rendimento emergético foi 1,86, o que representa razoável energia provinda da economia em relação à energia do produto obtido. Já a taxa de investimento emergético, que mede a proporção entre a energia da economia e a energia das entradas da natureza, é de 10,0, sugerindo que o sistema é muito dependente de materiais e serviços. Por último, a taxa de intercâmbio emergético encontrada foi de 6,01, o que é muito elevado, indicando que o valor em dinheiro conseguido pela venda do produto é muito baixo em detrimento de toda energia agregada neste.

A tabela 9, a seguir, representa todos os cálculos realizados com os valores emergéticos dos contribuintes da natureza que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto. Outros valores de objetos e produtos utilizados foram calculados de acordo com o

manual de energia disponível no site do LEIA (Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada) da Unicamp, como também calculados de acordo com a média do \$ (dólar) no ano de 2008

Tabela 9. Cálculo dos fluxos da análise emergética na produção de gergelim Irrigado com água residuária.

1	SOL		[a]
	Radiação Solar	=	5,29 KWh/m ² .ano
	Albedo	=	20
	Energia	=	(Radiação Solar)* (100 albedo)
		=	(KWh/m ² .ano)*(3,6E6J/KWh)*(1E4m ² /ha)*((100-20)/100)
	Fator Número	=	1,52E+11 J/ha.ano
	Transformidade	=	1 sej/J
2	CHUVA		[a]
	Pluviosidade	=	800 m ³ /m ² .ano
	Energia da água	=	5000 J/kg
	Densidade/Água	=	1000 kg/m ³
	Energia	=	(kg/m ³)*(J/kg)*(1E4m ² /há)
	Fator Número	=	6,25E+10 J/ha.ano
	Transformidade	=	4,00E+09 Sej/J
3	VENTO		[a]
	Densidade do Ar	=	1,3kg/m ³
	Média/Anual-Veloc.	=	5,55 m/s
	Vento Geotrópico	=	3,33 m/s
	Coef. de Arraste	=	0,001

$$\text{Energia} = (\text{área}^2/\text{área.ha}) * (\text{kg/m}^3) * (\text{m/s})^3 (0,001) * (3,14\text{E}7\text{s/ano})$$

5 PERDA DA BIODIVERSIDADE [c]

Solo = 3.500 kg/ha.ano

Agric.Comercial = 2.0E+04

Matéria Orgânica = 5.400 kcal

Energia = (kg/há.ano) * (kg mat.org./kg solo) * (KJ/ano) * (Kg/ha.ano)

= 3,78E+10 kg/ha.ano

6 PERDA/PESSOAS [d]

= Pessoa.ha

= 0,01 ano

Fator = 1,61 E +09

Energia = 1,77E+13

Transformidade = 1,00 E +06

7 FERTILIZANTE [i]

Fator = 4,0E+01 ha.ano

Energia = 35.7E11 seJ

4(kg) * 35.7E11 seJ = 23.5E10

Transformidade = 23.5E10

8 SEMENTES FISCALIZADAS [e]

Fator = 5,0E+03 ha.ano

Semente = 1,0E+12 seJ/kg

Energia = (ha.ano) * seJ/kg

Transformidade = 1,47E+12 sej/kg * 1.68 = 2.5E+10 (Sej/kg)

= 2.5E+10 (Sej/kg)

9 ANÁLISE - SOLO [b]

Fator	=	3,2E+04 (kcal/dia)
Calorias	=	4186J(1Kcal)
	=	1,308E+13 (sej/h)
Energia	=	(kcal/dia)*(1kcal)*(sej/h)
Transformidade	=	5,2E+12sej/J

10 [d]
NITROGÊNIO

<i>Consumo</i>	=	20 kg/ha.ano
<i>Energia</i>	=	20kgde fosfato*38.0E11=1.3E+13seJ
<i>Transformidade</i>	=	1.3E+13 sej/kg
		2.18E+13 sej/kg*1.68
		3.6E+13 sej/kg

11 [d]
FÓSFORO

Consumo	=	20 kg/ha.ano
Energia	=	20kg*39.0E11=1.3E+13seJ
Transformidade	=	1.3E+13 sej/kg
		2.18E+13 sej/kg*1.68
		3.6E+13 sej/kg

12 [d]
POTÁSSIO

Consumo	=	15 kg/ha.ano
Energia	=	15kg*11.0E11=2.8E+12seJ
Transformidade	=	2,8E+12 sej/kg
		4.70E+12sej/kg*1.68
		7.9E+13 sej/kg

14 [b]
BOMBA 7JC-3Cv

Potência	=	7JC-3Cv
Tempo/Uso	=	240 min/dia
Consumo	=	1168 Kwh/ano

$$\begin{aligned} \text{Energia} &= (\text{Kwh/ano}) * (1/\text{área}) * (1000\text{W/Kw}) * (14400\text{s/h}) \\ &= 8,1\text{E}+04 \text{ seJ/ha.ano} \end{aligned}$$

$$\text{Transformidade} = 336000 \text{ sej/J}$$

15 MANGUEIRA (Pol.) [b]

$$\text{Fator} = 10 \text{ Kg/ha.ano}$$

$$\text{Transformidade} = 72,24 \text{ seJ/kg}$$

$$\text{Valor} = 2,2\text{E}+12 \text{ US\$ kg}$$

$$\text{Energia} = (\text{kg/ha.ano}) * (\text{sej/kg}) * (\text{US\$ kg})$$

$$= 1.6\text{E}+11 \text{ sej/\$} * 1.68$$

$$2.7\text{E}+11 \text{ sej/\$}$$

16 GARRAFA (PET) [i]

$$\text{Fator} = 72 \text{ kg/ha.ano}$$

$$\text{Transformidade} = 43.0\text{E}11 \text{ sej/kg}$$

$$\text{Valor (\$)} = 2.2\text{E}+12\text{US\$ kg}$$

$$\text{Energia} = (\text{kg/ha.ano}) * \text{sej/kg} * (\text{US\$ kg})$$

$$= 3.9\text{E}+13\text{sej\$} * 1.68$$

$$6.5 \text{ sej\$}$$

17 BALDES [i]

$$\text{Fator} = 72\text{kg/ha.ano}$$

$$\text{Transformidade} = 43.0\text{E}11 \text{ sej/kg}$$

$$\text{Valor (\$)} = 2.2\text{E}+12 \text{ US\$ kg}$$

$$\text{Energia} = (\text{Kg/ha.ano}) * (\text{sej/kg}) * (\text{US\$ kg})$$

$$= 11.4\text{E}+13\text{sej\$}$$

18 CANOS (PVC)¹ [b]

$$\text{Fator} = 10 \text{ Kg/ha.ano}$$

$$\text{Transformidade} = 72,24 \text{ sej/kg}$$

¹ CANOS PVC (2p/40)
CANOS PVC (32 ml/60)

Valor (\$)	=	2,2E+12 US\$ kg
Energia	=	(kg/ha.ano)*(sej/kg)*(US\$ kg)
	=	1,5E+13 sej/\$*1.68
	=	2.52E+12 sej\$

19 [b]

BANCADA

Fator	=	100 kg/ha.ano
Transformidade	=	3.90E11(sej/kg)
Valor	=	2.2E+12 US\$/kg
Energia	=	(kg/ha.ano)*(sej/kg)*(US\$/kg)
		3.2E+13 sej\$*1.68
		5.4 se\$

20 [b]

EPI²

Fator	=	20 kg/ha.ano
Transformidade	=	43.0E11 (sej/kg)
Valor	=	2.2E+12 US\$/kg
Energia	=	(kg/ha.ano)*(sej/kg))*(US\$/kg)
	=	3.2E+13 sej\$*1.68
		5.4 sej\$

21 [i]

BALANÇA

Fator	=	15 kg/ha.ano
Transformidade	=	18E11(sej/kg)
Valor	=	2.2E+12 US\$/kg
Energia	=	(kg/ha.ano)*(sej/kg))*(US\$/kg)
	=	5.9E+13 sej\$*1.68
		9.9 E+13 sej\$

22 [b]

**DEPRECIACÃO
INST. E EQUIPAM.**

Depreciação	=	4,0E+03/sej/ha.ano
-------------	---	--------------------

² EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Energia	=	1,0E+04 sej/ha.ano
Transformidade	=	2.2E+12 sej/US\$
Energia	=	(sej/ha.ano)*(kg/aço)*(sej.US\$)
	=	8.8E+11 sej/kg*1.68
		14.8E+11 sej/kg

23 M. SIMPLES [d]

Nº de Pessoas	=	01 pessoa
Salário pago	=	430 R\$ pessoa/dia
Horas de Trabalho	=	08 horas/dia
Gasto anual	=	1290,00 R\$ ano
Energia	=	(R\$/ano)*(US\$/R\$)*(1/área)
	=	9.4E+02 US\$/ha.ano
Transformidade	=	3,30E+12 sej/US\$ * 1.68
		5.5E+12 sej/US\$

24 M.QUALIFICADA [d]

Nº de Pessoas	=	01 pessoa
Salário pago	=	430 R\$ pessoa/dia
Horas de Trabalho	=	08 horas/dia
Gasto anual	=	1290,00 R\$ ano
Energia	=	(R\$/ano)*(US\$/R\$)*(1/área)
	=	9.4E+02 US\$/ha.ano
Transformidade	=	3,30E+12 sej/US\$*1.68
		5.5E+12 sej/US\$

25 [f]

SERV.PRIV.[1] TA³

Custo	=	24 R\$/ano/hab
Energia	=	(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)
	=	66,8 US\$/ha.ano
Transformidade	=	2,30 E+12 sej/hora

³ SERVIÇO PRIVADO [1] – ANÁLISE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

26 [g]

SERV.PRIV.[2] - TR⁴

Custo	=	06 R\$/ano/hab.
Energia	=	(R\$/ano)*(1/área)*(US\$/R\$)
	=	16,8 US\$/ha.ano
Transformidade	=	2.56E+12 sej/hora

27 [h]

ELETRICIDADE

Consumo	=	250 Kwh/ano
Energia	=	(Kwh/ano)*(1/área)*(1000W/Kw)*(3600s/h)
	=	6,25E+08 J/ha.ano
Transformidade	=	3,36E+05 sej/J
		5.6E+05sej/J

28 [i]

MADEIRA

Fator	=	400 (Kg/ha.ano)
Transformidade	=	3,90E11 (sej/kg)*1,68=6,6 E10 (Sej/Kg)
Valor	=	2,2E+12 (US\$/Kg)
Energia	=	(Kg/ha.ano)*(SeJ/kg)*(US4.Kg/ha.ano)
	=	3.43E+13 (Sej/\$)*1.68
		5.8E+13 sej/\$

⁴ SERVIÇO PRIVADO [2] – ANÁLISE DE ÁGUA RESIDUÁRIA

Anotações:

- [a] Lab. de Sensoriamento Remoto <<http://www.cct.ufcg.edu.br/principal.html>
- [b] Lab. Irrigação e Drenagem/UFCG/CCT (Técnico Responsável pelo Projeto)
- [c] Secretaria do Meio Ambiente – SUDEMA/CG-PB <http://sudema.pb.gov.br/index.shtml>
- [d] Manual do Cálculo de Emergia, Odum-1996.
- [e] EMBRAPA-Algodão <<http://cnpa.embrapa.br/>
- [f] CAGEPA - <<http://www.cagepa.pb.gov.br>
- [g] PROSAB-CG/PB - <<http://www.finep.gov.br/prosab/1-esgoto-ufpb.htm>
- [h] CELB-CG/PB - <<http://celb.gov.br>
- [i] Pesquisa comércio local

Quadro 7. Planilha de dados energéticos

Balço energético da produo do AlgoGergelim -				Dados-2005		Revisado	
Valor energético dolar no Brasil				3,30E+12	sej/dolar		
Salário Mímo				460,00	reais/mês	em 2008	
Taxa de Câmbio Média				2,20	dolar/real	em 2008	
Gergelim (Abast./Resid)	Fluxo padrão	Conversão	Transforma-	Unidade	Fluxo de	em 2008	Preço
	Numero	Unidades	de unidades	da	emergia		
			sej/unidade	transf.	sej/aha	%	Fluxo monet. equiv.
							dol./aha
							dol./kg
Recursos Naturais					9,98E+14	69,23	
Renováveis					59,72	309,34	
R1	Sol	1,0 J/ano/ha	2,16E+12	1,00E+00 sej/J	2,16E+12	0,00	0,0
R2	chuva	0,8 J/ano/ha	5,00E+03	4,70E+04 sej/J	1,18E+14	1,76	35,76
R3	Vento	1,3 J/ano/ha	1,00E+00	1,47E+12 sej/fj	1,47E+00	1,83	0,00
R4	peoas	1,73+07 J/ano/ha	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	2,43	6,83
R5	banco de sementes	10,0 kg/ano/ha	1	1,47E+12 sej/kg	1,47E+13	14,00	4,45
R6	nutrientes (rocha mae)	10,0 kg/ano/ha	1	3,00E+12 sej/kg	3,00E+13	14,00	9,09
R7	nitrogenio (atmosfera)	180,9 kg/ano/ha	1	4,61E+12 sej/kg	8,34E+14	25,00	252,71
R8	sedimentos (rios)	0,5 kg/ano/ha	1	3,30E+12 sej/S	1,65E+12	0,70	0,50
R6							
R7							
R8							
Não Renováveis					9,98E+14	9,51	0,77
N1	perda do solo	3,30 kg/ano ha	9,04E+05	7,38E+04 sej/J	2,98E+10	4,60	0,06
N2	perda biodiversidade	3,50 kg/ano/ha	9,04E+05	7,38E+04 sej/J	3,78E+10	4,90	0,70
N3	perda peoas	0,01 peoas/há	1	3,30E+12 sej/S	3,30E+10	0,01	0,01
Recursos da economia					1,13E+22	100,00	11599,55
Materiais					2,54E+16	171,17	10850,80
M1	sementes fiscalizadas	5 kg/(ha.ano)		1,47E+12 sej/kg	7,35E+12	14,00	2,23
M2	Análise de Água-Abast.	100 reais/haa	2,50E+00	1,00E+13 sej/kg	###	56	2181
M3	Análise de Água-Resid.	900,00 reais/haa	2,50E+00	1,00E+13 sej/J	2,25E+16	0,10	6818,18
M4	Cond.Elet. mmhoscm-1	250,00 reais/haa		6,70E+12 sej/J	1,68E+15	0,92	507,58
M5	Fosforo Total	20 mg L-1	2,99E+05	2,70E+04 sej/J	1,61E+11	14,00	0,05
M8	Nitrato	1 mg/NO3L-1	1,18E+07	2,70E+04 sej/J	7,32E+11	2,80	0,29
M12	Potássio	20 mg/KL-1	1,25E+04	2,70E+04 sej/J	7,32E+11	2,80	0,29
M14	DQO	30 mgL-1	1,90E+02	2,70E+04 sej/J	7,32E+00	12,60	0,00
M15	Ovos de Helmitos	0 (ovo/L-1)	0,00E+00	0,00E+00 sej/J	0,00E+00	0,00	0,00
M16	Colif.Fecais	6 (UFC/100ml)	0,00E+00	0,00E+00 sej/J	5,80E+02	8,50	0,00
M18	Bomba 7JC-3Cv	20 kg/haa	3,80E+04	9,36E+04 sej/S	7,32E+11	2,80	320,00
M21	Canos (PVC)	15 kg/haa	1,73E+05	6,10E+01 sej/S	7,32E+11	2,11	80,00
M22	Mangueira Poliet.	10 kg/haa	1,60E+02	5,20E+03 sej/S	7,32E+11	1,40	160,00
M23	Garrafa (PET)	72 kg/haa	7,30+05	1,96E+04 sej/S	7,32E+11	8,45	400,00
M24	Baldes	72 kg/haa	1,60E+02	5,20E+03 sej/S	7,32E+11	1,40	160,00
M25	Bancada	100 kg/haa	8,00E+02	3,90E+11 sej/S	7,32E+11	9,85	6,00
M26	EPI	20 kg/haano	3,14E+07	43,0E+11 sej/J	1,55E+14	25,00	200,00
M27	Balança	15 lbs/(ha.ano)		2,2E+12 sej/S	1,13E+10	7,04	12,00
M28	Aço (Depreciação)	4 kg/haano		6,70E+14 sej/kg	8,93E+12	1,40	3,19
M29	Madeira	400 kg/haano	3,90E+11	3,90E+11 sej/kg	1,65E+04	5,60	10000,00
Serviços					1,1E+22	128,86	748,00
S1	m.obra simples	50,0 horas/(ha.a)	2,80E+06	8,04E+13 sej/J	1,13E+22	126,00	600,00
S2	m.obra qualificada	100 horas/(ha.a)	1,31E+06	3,76E+12 sej/J	3,80E+16	2,35	98
S3	assist. técnica	50,00 dol/(ha.ano)		3,30E+12 sej/S	1,65E+14	0,51	50,00
Serviços Adicionais					2,5E+12	0,00	0,75
S4	tratamento efluentes	0,33 reais/haa	2,20	3,30E+12 sej/S	2,40E+12	0,46	0,73
S5	trat. médicos e riscos	0,01 reais/haa	2,20	3,30E+12 sej/S	7,26E+10	0,00	0,02
S6	Energia Elétrica	0,34 reais/haa	2,50	2,50E+12 sej/S	3,44E+12	0,34	0,00
Energia total					1,13E+22	100,00	11599,55
Produo							
P1	Gergelim	5 kg/aha			P5 fator de converso		1080 kcal/kg
P2	preço	1,11 dolares/kg			P6 fator de converso		4186 J/kcal
P3	vendas	3,86 dolares/(ha.a)			P7 energia do produto		2,26E+07 J/(ha.ano)
P4	umidade	0,80 kg/aha			P8 energia dos dolares		1,27E+13 sej/(ha.ano)
Diagnóstico energético							Mímo
R	8,1E+00	TR = Y/Qp	J energia solar equiv./J de soja	Transformidade			43000
N	1,0E+15	EYR = Y/F	captura energia da natureza	Taxa de rendimento			1,86
I	8,1E+15	EIR = F/I	rec. comprados/rec. gratis	Taxa de investimento			10,00
M	2,5E+16	ELR = (N+F)/R	rec. não renováveis/renováveis	Taxa de carga ambiental			10,43
S	1,1E+22	%R = R/Y	renováveis/recursos totais	Taxa de renovabilidade			49,00
F	9,1E+21	EER = Eprod/Emoed	energia cede/ energia recebe	Taxa de intercâmbio			6,01
Y	1,7E+22	Custo ideal=Y(kg/aha)/(\$/kg)(sej/\$)	preço justo	Preço ecossistêmico			25,00
Rentabilidade econômica simples (usando custo anual estimado)							
Lucro líquido anual					Vendas-custo produo	-5.381	
-----=					-----=	-1,00	
Custo anual					Custo	5384	
Perdas estimadas (produo indesejada do sistema)							
Insumos					% de perdas	Fluxo emergia	Perda em emergia
L1	agua chuva	0	1,18E+14	0		Em dinheiro equiv.	0
L2	fertilizantes	0	0	0			0
L3	pesticidas	0	1,55	1,2			0
Perda dos estoques internos							
L4	solo	1,00	2,98E+10	2,9E+00			0,0
L5	biodiversidade	1,00	3,78E+10	3,7			4
L6	peoas	1,00	3,30E+010	###			0
Despesas Adicionais para outras comunidades							
L8	tratamento efluentes	1,00	2,40E+012	###			1
L9	trat. médicos e riscos	1,00	7,26E+010	###			0
Total das perdas							
							2,5E+12 sej/(ha.a)
							4,8 \$(ha.ano)
Rentabilidade econômica ecossistêmica (usando custo anual estimado)							
Lucro líquido anual					Vendas-custo-perdas	-5.385	
-----=					-----=	-1,00	
Custo anual					Custo	5389	

5. CONCLUSÃO

A despeito de confrontamentos ideológicos em torno da sustentabilidade, é inegável que a mesma apresenta um avanço no modo de pensar e agir do ser humano no meio ambiente. O paradigma de que a natureza é fonte inesgotável de insumos para alimentar a cadeia de produção e consumo vem sofrendo grande abalo devido às limitações impostas pelo meio ambiente. Assim, a noção de sustentabilidade passou a cada vez mais cumprir o papel de guia nas pesquisas acadêmicas que envolvem relações da sociedade com a natureza. A metodologia emergética, ao quantificar determinados índices, permite qualificar qualquer sistema em torno de sua sustentabilidade, o que é de extrema importância para a preservação da natureza, ao tornar evidente que se faz necessário que o atual paradigma de desenvolvimento que vislumbra a riqueza capital acima de todos os outros aspectos seja refletido e siga outros rumos.

Os resultados obtidos de produção de gergelim irrigado com água residuária tratada mostraram-se superiores àqueles obtidos da irrigação com água de abastecimento, independentemente da cultivar utilizada ou da dose de torta de mamona aplicada como adubo. O reuso de água, assim, é uma realidade que deve ser cada vez estudada em suas tecnologias, pois é uma maneira de abrandar as necessidades hídricas de toda a sociedade e, adicionalmente, intensificar a produção agrícola devido ao alto teor de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas.

Os indicadores ou índices emergéticos obtidos pela aplicação da metodologia emergética no sistema de produção de gergelim evidenciam a baixa sustentabilidade deste, já que o fluxo emergético de recursos renováveis é de apenas 1169 sej/ano, e a alta dependência de serviços, uma vez que o fluxo emergético de serviços é de 9129 sej/ano. Este fato, entretanto, não leva à conclusão de que um sistema de produção de gergelim irrigado com água residuária seja insustentável pois, por ser experimental, o sistema estudado apresentou baixa produção em detrimento do alto investimento emergético da natureza. O mérito do trabalho, porém, reside essencialmente na geração de conhecimento pela aplicação da metodologia emergética como simulação para a aplicação desta em sistemas de produção reais.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, B. S. **Resíduos sólidos urbanos e seus aspectos sociais, econômicos e ambientais – estudo de caso.** Dissertação de mestrado. CTRN – UFCG. Campina Grande, 2009.

ARRIEL, N.H.C; FIRMINO, P.T; BELTÃO, N.E. M; SOARES,J.J; ARAÚJO,A.E; SILVA,A.C; FERREIRA, G.B. **Gergelim. Coleção Plantar. Embrapa Informação Tecnológica.** Campina Grande, p.9-70, 2007.

AURELIO. **Dicionário eletrônico.** Correspondente à 3ª. edição, 1ª. impressão da Editora Positivo, revista e atualizada do Aurélio Século XXI. Positivo Informática, 2003

AZEVEDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa - Comunicação para Transferência de Tecnologia,** 2001. cap. 11, p. 257-280.

BARACUHY NETO, G.M. **Análise do sistema de gestão ambiental segundo a norma ISO 14001 visando ao desenvolvimento sustentável.** Monografia de especialização *latu-sensu* em Gestão Normativa de Recursos Hídricos. ABEAS-UFCG. Campina Grande, 2008.

BARROS, M. A. L.; SANTOS, R. B dos; BENATI, T.; FIRMINO, P. DE T. Importância Econômica e Social. In: **O Agronegócio do Gergelim no Brasil, EMBRAPA Algodão,** Campina Grande, 2001, 348 p.

BATISTA, R.C. **Avaliação Emergética do algodão colorido irrigado com água residuária em ambiente semi-árido.** Tese de Doutorado. UFCG, Campina Grande, 2008.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J.G.de.; PEREIRA,J.R. Fitologia.In: BELTRÃO,N.E.de M.;VIEIRA, D.J.eds. **O agronegócio do Gergelim no Brasil. Brasília:** Embrapa Comunicações para transferência de Tecnologia, 2001.

BNB – Banco do Nordeste.

[http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Investir no Nordeste eng/Mapa do Semi Arido/g erados/apresentacao.asp](http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Investir%20no%20Nordeste%20eng/Mapa%20do%20Semi%20Arido/g%20erados/apresentacao.asp). Acesso em junho/2009.

BON, J.H. **Solubilização das proteínas da mamona por enzimas proteolíticas**. Dissertação de Mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro. 1979

BRANDT-WILLIAMS, S., ODUM, H.T. **Procedure for Agricultural Emergy Evaluation, illustrated with analysis of tomato production in Florida**. Capítulo do livro “Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável”, Ortega, E (Editor), Editora Annablume, 2001.

BROWN, M.T; BURANAKARN, V. **Emergy indices and ratios for sustentable material cycles and recycle options**. Resouces, Conservation and Recycling. Nº38 (1), 2003.

CAPRA, F.A. **A Teia da Vida – Uma nova compreensão Científica dos Sistemas Vivos** – São Paulo, Editora Cultrix, 1996.

CATI. **Oleaginosas no Estado de São Paulo: Análise e Diagnóstico**. Campinas, 1998, (Cati. Documento Técnico, 107).

CNDSAB – Cartilha Novas Demarcações do Semi-Árido Brasileiro. Ministério da Integração Social.
<http://www.integracao.gov.br/desenvolvimentoregional/publicacoes/delimitacao.asp>. Acesso em outubro/2008.

COMAR, M.V. **Avaliação Emergética de Projetos Agrícolas e Agroindustriais: a busca do desenvolvimento sustentável**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

COSTA, C. **REUSO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO**. Monografia de Especialização *Latu Sensu* - ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL . Brasília, 2003.

COSTA, F. X.; SEVERINO, L. S. BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, R. M. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. **Composição química da torta de mamona.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade - Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

DIVER[CIDADE] – <http://divercidade.wordpress.com/2008/11/29/santa-catarina-precisa-o-ne-brasileiro-sempre-precisou/>. Acesso em junho/2009.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Statistical Data, 2005.

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos.** Salvador: EDUFBA, 2002.

GUIDOLIN, J. C. **Reuso de efluentes.** Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

INSA – Instituto Nacional do Semi Árido. **O Semi-árido.** http://www.insa.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=64
Acesso em 05/2009

INTERCOMUNICANDO. <http://intercomunicando.zip.net/>. Acesso em junho/2009.

MALVEZZI, R. **Semi-Árido: Uma Visão Holística.** Brasília: Confea, 2007.

MORAES, M.C. **O Paradigma Educacional Emergente** - São Paulo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1996 – Disponível em www.sentipensar.net

MORRIS, J.B. 2002. **Food, industrial, nutraceutical, and pharmaceutical uses of sesame genetic resources.** In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.

ODUM, H.T. **Environment power and society.** Wiley-Interscience, NY, 1971. Disponível em WWW.elsevier.com/locate/ecolmodel

ODUM, H.T. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making.** John Wiley & Sons, Inc, New York, USA, 1996.

ODUM, H.T. E.C. Odum, M.T. Brown, D. LaHart, C. Bersok, J. Sendzimir, Graeme B. Scott, David Scienceman y Nikki Meith.: **Ecosistemas e Políticas Públicas** .Laboratório de Engenharia Ecológica. Versão em português na Internet, 1997.

ORTEGA, E. ANAMI, M. DINIZ, G. **Certification of food products using energy analysis. Proceedings of III International Workshop Advances in Energy Studies: reconsidering the importance of energy.** September, 24-28. Porto Venere, Italy, 2002.

ORTEGA, E. MILLER, M. **Avaliação ecossistêmica – emergética de processos agrícolas e agroindustriais. Estudo de caso: a produção da soja.** 2000. Disponível em www.unicamp.br/fea/ortega/portoalegre/portoalegre.htm

PEREIRA, L. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países.** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2008.

REBOUÇAS, A da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados.** Estud. av. vol.11 no.29 São Paulo Jan./Apr. 1997

RURAL BIOENERGIA. **O gergelim.**
<http://www.ruralbioenergia.com.br/default.asp?tipo=1&secao=gergelim.asp>. Acesso em junho/2009

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro.** Tradução: Rosaura Eichenberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SANTOS, M. S. **Crescimento, desenvolvimento e produção de gergelim sob irrigação de água residuária tratada e adubação com torta de mamona.** Dissertação de mestrado.

Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. 2009

SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a Torta de Mamona.** Embrapa Informação Tecnológica.. Campina Grande. p.9-31 2005.

SEVERINO, L.S. COSTA, F.X.; BELTAO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A; GUIMARÃES, M.M.B. **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana.** Revista de Biologia e Ciência da Terra v.5, n.1, 2004.

VIAJEAQUI. **O Sertão virou mar (de vinho).**
http://viajearqui.abril.com.br/indices/edicoes/conteudo_239101.shtml. Acesso em junho/2009.

WEISS, E. A. Sesame. **In: Oil seed Crops.** London: longman, 1983

World's Healthiest Foods – **Sesame seeds.**
<http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=84> Acesso em maio/ 2009.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world.** WMO. Genebra, 1997.