

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOSSISTEMAS: O CASO DE
SANTA CATARINA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDE-
RAL DE SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA.

RENATO DE MELLO

FLORIANÓPOLIS

SANTA CATARINA - BRASIL

JULHO DE 1986

ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOSSISTEMAS: O CASO DE SANTA CATARINA

RENATO DE MELLO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE

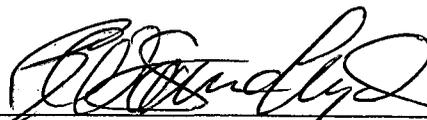
"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

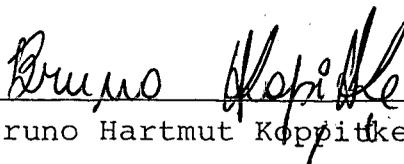


Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph.D.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



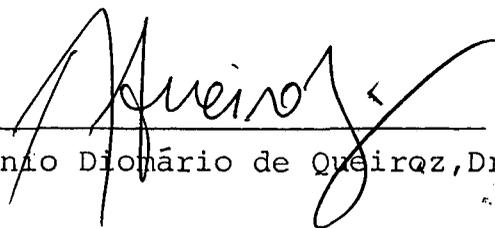
Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph.D.
Presidente



Prof. Bruno Hartmut Koppitke, Dr.



Prof. Osvaldo Carlos Rockembach, M.Sc.



Prof. Antônio Dionário de Queiroz, Dr.

Ao meu pai MILTON

Aos meus irmãos MARIA INÊS

MARISA e

FERNANDO

À companheira OLGA

dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Robert Wayne Samohyl, pela orientação que direcionou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao pesquisador Osvaldo Carlos Rockembach, pelos comentários e sugestões apresentados.

Ao CNPq e à CAPES, pelo auxílio financeiro.

À EMPASC e ACARESC, pela colaboração de seus técnicos e acervo bibliográfico posto à disposição.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade que me concedeu em realizar o curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Aos professores e funcionários do EPS, pelos ensinamentos e apoio dados neste tempo de convívio.

Aos membros da Banca Examinadora, pelos valiosos comentários e sugestões, que permitiram aperfeiçoar este trabalho.

O objetivo deste trabalho é estruturar um modelo de análise energética de agro-ecossistemas, e aplicá-lo a alguns dos principais sistemas de produção agrícola em uso no Estado de Santa Catarina. Os sistemas considerados são os seguintes: a) milho (solteiro com cultivo não mecanizado e cultivo mecanizado); b) feijão (solteiro e consorciado com milho); c) soja (solteira e consorciada com milho) e d) arroz irrigado.

Primeiramente são discutidos aspectos gerais sobre agricultura e energia, fundamentando o que é uma análise energética de agroecossistemas. A seguir é apresentado o método de análise dos fluxos de energia do sistema, assim como os materiais que são utilizados para a consecução de tal análise.

O trabalho prossegue na obtenção dos valores energéticos dos seguintes fatores físicos envolvidos na produção agrícola: combustíveis, eletricidade, edificações, radiação solar, materiais de propagação, fertilizantes e corretivos, defensivos agrícolas, trabalho humano e animal, irrigação e maquinaria. Com estes dados disponíveis, foi aplicado o modelo aos sistemas acima descritos e discutidos os resultados obtidos.

Verificou-se que os gastos energéticos são proporcionais ao grau de interferência mecânica e química nos ecossistemas, sendo a tração motorizada e os insumos químicos para fertilização e defesa da produção as parcelas que representam os maiores custos energéticos.

O modelo proposto mostrou ser um instrumento capaz de fornecer uma interpretação física do sistema muito próxima à realidade, e com possibilidade de ser aplicado a sistemas agrícolas mais complexos que os estudados.

ABSTRACT

This study is aimed at generating a model of agro-ecosystems energetic analysis and at applying it to some of the main systems adopted in the State of Santa Catarina, Brazil. The crop systems considered are as follows: a) maize (single cropped with mechanised cultivation and non-mechanised cultivation); b) beans (single cropped and intercropped with maize); c) soybeans (single cropped and intercropped with maize) and d) irrigated rice.

Agricultural and energetic aspects are generally discussed as a basis for the model of an agro-ecosystem's energetic analysis. The method and materials used in the energy flow analysis are also presented.

The energetic values of the following physical factors are included: fuel, electricity, building, solar radiation, plant propagation materials, fertilisers and lime, pesticides, human labor, animal power, irrigation and machinery. These data were used to generate a model which was applied to the systems proposed. Results are also discussed.

It was observed that energy expenditures are proportional to the use of machinery and chemicals in the ecosystems. Tractors, chemical fertilisers and pesticides are the most expensive cost items.

The proposed model for an energetic analysis of agro-ecosystems is a tool capable of providing a realistic physical interpretation of systems. This model can be applied to farm systems more complex than the ones studied.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. Origem do Trabalho	1
1.2. Objetivos do Trabalho	3
1.3. Limitações do Trabalho	4
1.4. Estrutura do Trabalho	4
CAPÍTULO II - PORQUE E COMO SE FAZ A ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOSSISTEMAS	6
2.1. A Agricultura e a Energia	7
2.2. A Agricultura como Sistema	9
2.3. A Análise Energética /.....	10
2.4. A Análise Energética de Agroecossistemas	10
2.5. Revisão Bibliográfica	11
2.5.1. Três Abordagens Macroestruturais	13
2.5.2. Os Estudos Técnicos da Análise Energética de Agroecossistemas	15
2.6. Métodos e Materiais	19
2.7. Índices Energéticos	25
CAPÍTULO III - VALORES ENERGÉTICOS DOS INSUMOS AGRÍCOLAS ...	30
3.1. Combustíveis e Eletricidade	32
3.2. Transporte	33
3.3. Edificações	34
3.4. Radiação Solar	36
3.5. Propagação	36
3.6. Fertilizantes e Corretivos	39
3.7. Defensivos Agrícolas	46
3.8. Irrigação	48

3.9. Animais	52
3.10. Homens	54
3.11. Maquinaria Agrícola	59
CAPÍTULO IV - APLICAÇÕES DA ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOS- SISTEMAS EM SANTA CATARINA	65
4.1. Introdução	65
4.2. Sistemas de Produção de Milho	66
4.2.1. Caracterização Geral	66
4.2.2. Sistema de Produção de Milho nº 1	66
4.2.3. Sistema de Produção de Milho nº 2	76
4.3. Sistemas de Produção de Feijão	83
4.3.1. Caracterização Geral	83
4.3.2. Sistema de Produção de "Feijão Solteiro"	84
4.3.3. Sistema de Produção de Milho Consorciado com Feijão	91
4.4. Sistemas de Produção de Soja	98
4.4.1. Caracterização Geral	98
4.4.2. Sistema de Produção de Soja nº 1	98
4.4.3. Sistema de Produção de Milho Consorciado com Soja	105
4.5. Sistemas de Produção de Arroz	112
4.5.1. Caracterização Geral	112
4.5.2. Sistema de Produção de Arroz Irrigado nº 1 ..	112
4.6. Resultados e Discussões.....	121
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	124
5.1. Conclusões	124
5.1.1. Sobre o Modelo de Análise Energética de Agro- ecossistemas	124

5.1.2. Sobre os Valores Energéticos dos Insumos Agrícolas	125
5.1.3. Sobre as Análises Energéticas dos Agroecossistemas Catarinenses	127
5.2. Recomendações	128
BIBLIOGRAFIA	131

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Área cultivada, valor da produção e rendimentos dos principais produtos agrícolas do Estado de Santa Catarina, na safra de 1981/82	20
TABELA 2	- Símbolos utilizados na elaboração dos diagramas	23
TABELA 3	- Valores energéticos totais dos combustíveis fósseis	33
TABELA 4	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho nº 1	70
TABELA 5	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho nº 2	78
TABELA 6	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de feijão solteiro	86
TABELA 7	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho consorciado com feijão	94
TABELA 8	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de soja nº 1	101
TABELA 9	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho consorciado com soja	108
TABELA 10	- Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de arroz nº 1	115
TABELA 11	- Resultados energéticos dos sete sistemas em análise, por fatores de produção	120

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Radiação solar média para o Estado de Santa Catarina em Cal/cm ² /dia	36
QUADRO 2 - Energia dispendida em materiais de propagação, segundo vários autores	38
QUADRO 3 - Energia dispendida em fertilizantes e corretivos, segundo vários autores	43
QUADRO 4 - Energia dispendida em fertilizantes e corretivos - valores estabelecidos	45
QUADRO 5 - Energia dispendida em defensivos agrícolas, segundo vários autores - valores médios	48
QUADRO 6 - Energia dispendida em irrigação, segundo vários autores - valores médios	51
QUADRO 7 - Energia dispendida em trabalhos na agricultura homens e animais, segundo vários autores	57

LISTA DE DIAGRAMAS

- DIAGRAMA 1 - Fluxos de Materiais e energia através de um agro-ecossistema com os subsistemas de culturas, solos, invasoras e doenças 12
- DIAGRAMA 2 - Modelo qualitativo dos sistemas de produção em estudo 24
- DIAGRAMA 3 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho nº 1 73
- DIAGRAMA 4 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho nº 1 74
- DIAGRAMA 5 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho nº 2 80
- DIAGRAMA 6 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho nº 2 81
- DIAGRAMA 7 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de "feijão solteiro" 88
- DIAGRAMA 8 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de "feijão solteiro" 89
- DIAGRAMA 9 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho consorciado com feijão 96
- DIAGRAMA 10 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho consorciado com feijão 97
- DIAGRAMA 11 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de soja nº 1 103

DIAGRAMA 12 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de soja nº 1	104
DIAGRAMA 13 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho consorciado com soja	110
DIAGRAMA 14 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho consorciado com soja	111
DIAGRAMA 15 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de arroz irrigado nº 1	117
DIAGRAMA 16 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de arroz irrigado nº 1 ...	118

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Origem do Trabalho

O desenvolvimento científico e tecnológico oriundo da revolução industrial afetou profundamente os processos de produção agrícola. A agricultura se moderniza, são incorporadas grandes extensões de novas terras à produção, a produtividade agrícola aumenta consideravelmente, as populações crescem e o consumo de energia escassa e não renovável assume grandes dimensões.

Diversos fatores concorrem para a modernização da agricultura, sendo a intensificação do uso da energia um dos principais. A incorporação de novas terras à produção é viabilizada com a disponibilidade de melhores ferramentas, máquinas movidas a combustíveis, transportes eficientes, e com o controle ambiental através de produtos químicos. Estes mesmos insumos químicos e máquinas são os grandes vetores do aumento da produtividade principalmente através da fertilização do solo, do uso de praguicidas e do aumento do trabalho realizado. Todos estes fatores implicam no incremento do dispêndio de energia.

O aumento populacional da terra tem também uma estreita relação com o aumento da produção agrícola e do dispêndio de energia. São mais produtos agrícolas disponíveis, para uma maior população que requer ainda maior produção. Entretanto, para o incremento e modernização da produção agrícola não basta ter a posse da terra e do trabalho, é necessário ter também acesso aos combustíveis, aos insumos intensivos em energia e ao mercado.

No Brasil a modernização da produção agrícola é fenômeno recente e está ligado à instalação de fábricas de tratores, adubos e defensivos, em parte pertencentes a grandes empresas transnacionais, embora ainda se pratique em partes do país uma agricultura rudimentar ou simplesmente a coleta, através da exploração dos recursos naturais.⁰⁵

Grandes esforços são empreendidos anualmente no país para manutenção e/ou incremento da produção agrícola, compostos em parte por financiamentos estatais diretamente à produção ou a projetos de sustentação desta, e em parte por iniciativas privadas, sem a devida consideração dos fluxos de energia nos sistemas produtivos, sendo estes avaliados usualmente através de análises de viabilidade financeira.

Uma análise apenas econômico-financeira, permite conhecer os fluxos e taxas de retorno do capital investido, em um horizonte de tempo pequeno, sujeita a instabilidade de mercado e do sistema financeiro, e restrita ainda no espaço (viabilidade financeira da agricultura de um Estado?!). Por outro lado, quando são avaliados os fluxos de energia que compõem o sistema, acrescenta-se um referencial que não está sujeito a mudanças mercadológicas ou financeiras, não é limitado no espaço ou no tempo, mas antes se submete às leis da natureza.

A análise física da produção agrícola deve, por sua vez, ser compreendida no contexto dos recursos energéticos escassos. mas que o objetivo desta produção é sempre relacionado à vida humana, sendo obviamente regulada pelas estruturas políticas e sociais. Portanto, uma análise energética de sistemas de produção deve ser parte de um sistema que englobe ainda uma análise econômico financeira, social e política.

A viabilização da análise de um sistema de produção agrícola através de seus fluxos de energia, envolve a determinação da energia contida em cada um de seus fatores físicos de produção, da energia gasta na obtenção de tais fatores e ainda o conhecimento de como estes fatores interagem.

1.2. Objetivos do Trabalho

Esta dissertação visa estruturar um modelo de análise energética de sistemas de produção agrícola, e aplicá-lo a alguns dos principais sistemas em uso no Estado de Santa Catarina.

Para atingir estes dois objetivos, deverão ser resgatados os principais conceitos teóricos e publicações sobre o tema, assim como serem estabelecidos os custos energéticos dos fatores físicos de produção agrícola e definido um método apropriado à consecução de tal análise.

1.3. Limitações do Trabalho

As principais limitações deste trabalho são as seguintes:

a) Parte dos custos energéticos de fatores físicos de produção envolvem incertezas em suas determinações, devido à insuficiência de estudos na área, no Brasil.

b) Os custos energéticos dos fatores físicos de produção conhecidos são na quase totalidade calculados para países estrangeiros, sendo adaptados às condições locais.

c) Devido à não disponibilidade de dados de base, a aplicação da análise se restringirá ao atendimento das recomendações técnicas feitas por EMPASC/EMATER/ACARESC. Estas representam alguns sistemas de produção agrícola em uso no Estado de Santa Catarina.

d) O número de sistemas analisados é de sete, contudo a metodologia se aplica para a análise energética de qualquer um dos vários sistemas agrícolas existentes.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho compreende além do presente capítulo, ainda mais quatro outros.

O segundo capítulo introduz o leitor nos aspectos gerais sobre energia e agricultura, fundamentando o que é uma análise energética de agroecossistemas. A seguir é apresentada uma revisão bibliográfica e são discutidos os materiais e métodos que compõem o trabalho, definindo o modelo de análise energética de produção agrícola.

O terceiro capítulo refere-se à obtenção dos custos energéticos dos fatores físicos envolvidos na produção agrícola.

O quarto capítulo trata da aplicação de análises energéticas a sete sistemas de produção agrícola catarinenses.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho, e ainda as recomendações à continuidade do mesmo.

CAPÍTULO II

PORQUÊ E COMO SE FAZ A ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOSSISTEMAS

Serão tratados neste capítulo três aspectos relativos à estrutura teórica e de sustentação da análise energética de agroecossistemas.

A primeira parte refere-se a aspectos teóricos sobre a agricultura como forma de obtenção de subsistência e acumulação de capital energético. Para fundamentação do trabalho, será feita uma abordagem sobre o enfoque sistêmico aplicado à agricultura, será apresentado o que é uma análise energética, e como se pode aplicar tal análise à produção agrícola.

Na segunda parte do capítulo, será apresentada a revisão das principais publicações que tratam da agricultura vista sob a ótica da energia.

A terceira parte, trata dos materiais e métodos que dão condições práticas à análise energética de sistemas agrícolas.

2.1. A Agricultura e a Energia

Para garantir alimentação, proteção, transporte, saúde, diversão, e outros bens de consumo, sempre se gasta muita, energia, independente da forma em que ela se apresenta. Entretanto energia não se transforma automaticamente em alimentos, fibras e resinas, mas flui através de materiais que interagem e realizam trabalho, ora se apresentando em forma de radiação solar que alimenta a fotossíntese, ora como o trabalho humano ou animal, ou ainda embutida em combustíveis, fertilizantes, ferramentas, sementes, e demais insumos. Para obter estes últimos, já se realizou trabalho, o que demanda energia, e/ou ainda há energia armazenada em seus materiais.

Um sistema produtivo qualquer processa matérias e energia, com o objetivo de tornar estas disponíveis aos interesses do homem. Este processo dissipa energia na forma de aquecimento do meio ambiente, ruídos, luz, desgastes de materiais, lixo, etc. A dissipação e a utilização da energia para o trabalho, são regidas pelas duas primeiras leis da termodinâmica que dizem:

- 1ª - A quantidade de energia de um sistema fechado é constante.
- 2ª - A qualidade desta energia se degrada de maneira irreversível.

Ora, os recursos energéticos armazenados no planeta são finitos e a renovação destes com a entrada da radiação solar se dá de maneira muito lenta, além de que os processos produtivos atuais em geral trabalham com baixos rendimentos energéticos e a um volume imenso de degradação dos escassos recursos. Torna-se necessário então a revisão do gerenciamento destes processos e estoques

de energia, à luz das duas leis da termodinâmica acima descritas.

A exceção entre os processos produtivos, onde em lugar de se dissipar o capital energético do planeta, se pode captar e armazenar em grande escala a energia oriunda do sol, com os ganhos superando em muito os gastos energéticos, é através da agricultura. Por meio da fotossíntese as plantas utilizam a radiação solar para realizar reações químicas, que dão origem a carboidratos, proteínas, celulose, etc. Estas reações na presença de energia solar elevam compostos minerais a formas orgânicas, que tem nível mais alto de conteúdo energético que seus materiais formadores.

A concorrência entre os homens e demais seres orgânicos na natureza tem dado vantagem para os primeiros, o que permite uma enorme expansão de população. Para exercer o controle da natureza muitos fatores precisam ser adaptados ou vencidos, tal como fazer de parte dos seres vivos aliados e outra parte inimigos, além de ter de superar adversidades de origem climática, geográfica, ou mesmo da própria estrutura física do solo.

Para que todos estes fatores sejam superados, e se possa exercer a agricultura, há que se causar uma interferência na natureza, controlando e inibindo alguns componentes e criando condições favoráveis ao desenvolvimento privilegiado de espécies desejadas.

O que acontece então na agricultura é a combinação de energias concentradas em materiais, que interferem e perturbam o meio ambiente para que espécies determinadas de plantas, captem a energia dispersa da radiação solar, armazenando-a em novas formas concentradas e disponíveis ao homem.

2.2. A Agricultura como Sistema

Na produção agrícola há, em geral, uma enorme e diversificada cadeia de interações de materiais, gerando produtos que interagem com demais fatores para a geração de outros produtos, e assim em diante.

Uma definição objetiva de sistemas é: "Sistema é um arranjo de componentes físicos, um conjunto ou uma coleção de coisas, unidas ou relacionadas de tal maneira que formam ou atuam como uma unidade, uma entidade ou um todo" (Becht⁰³, citado por Hart³⁴).

Um sistema agrícola há que ter uma estrutura física para permitir as operações produtivas, composta basicamente de minerais, compostos orgânicos, microrganismos, sementes, água, insetos e radiação solar. Esta estrutura tem limites definidos, e dirigida ao seu interior há um fluxo de materiais que irão interagir entre si e com os componentes do sistema, no sentido de gerar produtos que serão saídas deste sistema.

A complexidade dos sistemas que tratam da natureza e da interferência nesta para a retirada de produtos é em geral, muito grande, sendo que neste trabalho são consideradas duas definições destes sistemas, que se completam. A primeira é de Hart³⁴ e diz: "Um agroecossistema se define como um conjunto de populações de plantas que inclui ao menos a de um cultivo, animais e microrganismos que interagem entre si e com o meio ambiente físico".

Uma segunda definição de agroecossistemas é de Paschoal⁵³: "Os ecossistemas devem ser entendidos como as unidades funcionais e estruturais básicas da natureza. Agroecossistema é um ecossistema artificial, implantado pelo homem com o objetivo da obtenção de fibras, alimentos, bebidas, drogas, estimulantes, etc."

2.3. A Análise Energética

A partir da compreensão, que a natureza dos sistemas produtivos pode ser entendida e expressa sob o ponto de vista da energia, a análise energética é conceituada por Hesles³⁸ como "A estimativa da quantidade de energia primária utilizada num sistema econômico direta ou indiretamente*, para fornecer um bem ou serviço num ponto determinado do sistema".

As relações físicas nos processos produtivos porém, não tratam a energia como sua principal referência, estando antes fortemente determinadas por fatores econômicos, políticos e sociais. A análise energética deve então ser compreendida como procedimento que complementa um sistema de avaliação. Deve ser levado em conta ainda o alto grau de indeterminação de avaliações de custos energéticos de certos insumos, bem como a ausência de controle sobre variáveis do tipo precipitação, insolação e clima, que podem levar a disparidades entre análises realizadas em diferentes locais, tempo, tecnologias, e métodos de aplicação destas.

2.4. A Análise Energética de Agroecossistemas

Nos agroecossistemas existe energia entrando em diversas formas. Está na forma da radiação solar que incide sobre as plantas na área cultivada, no trabalho realizado pelo homem, animais

*Energia direta diz respeito à energia consumida diretamente no processo em análise. Energia indireta refere-se à energia que, consumida em processo que não o analisado, indiretamente possa fazer parte do fluxo energético global³⁸.

ou máquinas, e ainda incorporada aos diferentes insumos e materiais que consumiram energia para sua obtenção.

Para que os insumos possam interagir deverá existir um meio físico. Neste trabalho será considerado que o solo e demais seres orgânicos são inerentes ao sistema e manterão suas quantidades e qualidades originais inalteradas após o encerramento do ciclo em estudo. Esta consideração contudo não afeta a qualidade da análise, e é feita em função de viabilizar os cálculos da energia que passa pelo sistema.

Na medida em que se processam as interações do sistema, a energia que entrou vai sendo dissipada e acumulada, gerando subprodutos, que podem ser utilizados ou não, e gerando o produto objetivado.

O diagrama 1 caracteriza um agroecossistema de diversos cultivos, com entradas, saídas, limites, componentes e interações.

A análise energética de agroecossistemas capacita então, não apenas a estimação da energia investida na obtenção de um produto agrícola, mas também a se compreender os fluxos de energia nestes sistemas, a se identificar pontos de desperdícios energéticos e componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência energética, enfim, interferir em fluxos do sistema no sentido de aprimorá-lo.

2.5. Revisão Bibliográfica

O estudo da agricultura sob a ótica da energia, tem história relativamente recente. São identificados como trabalhos piô-

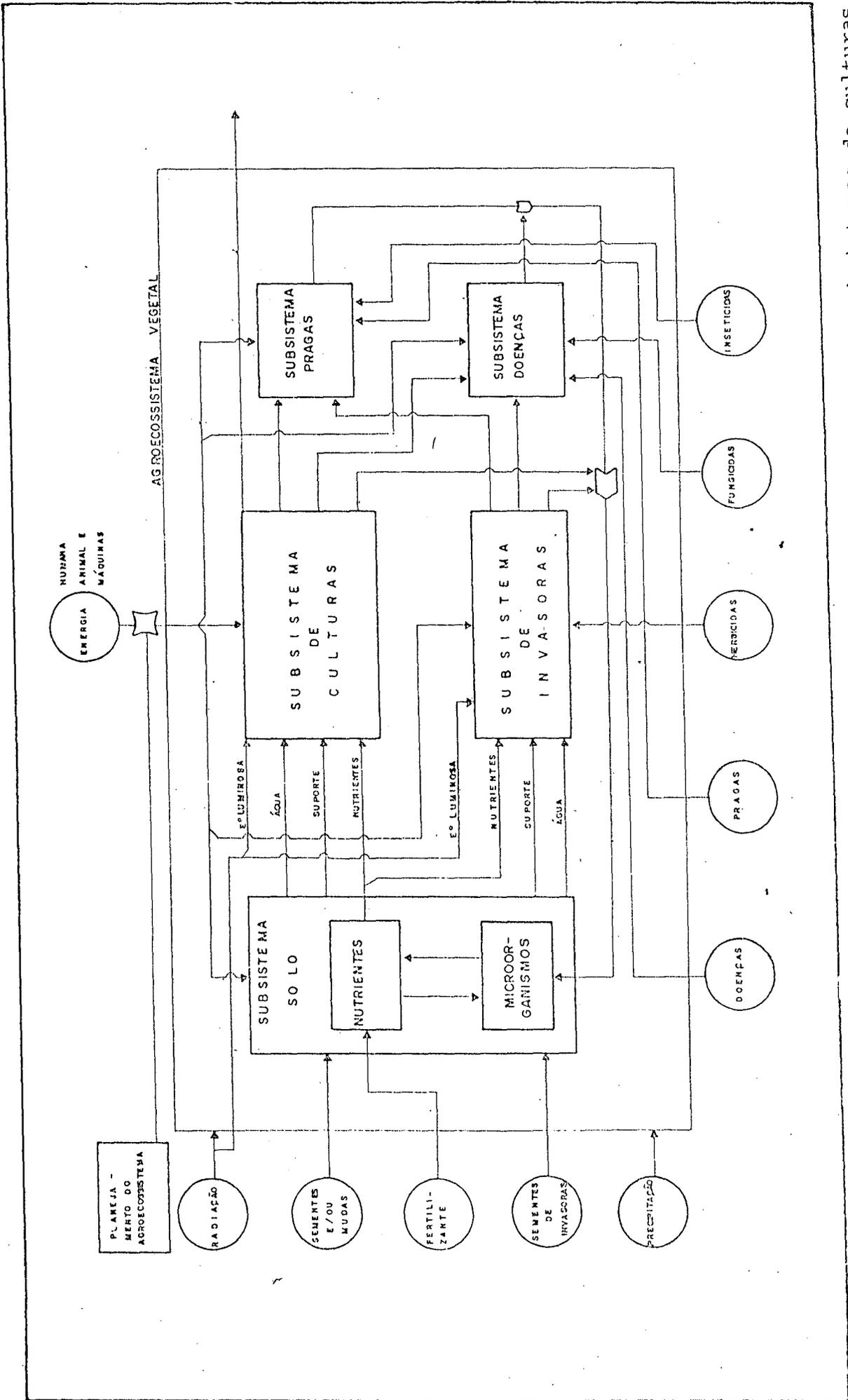


Diagrama 1 - Fluxos de materiais e energia através de um agroecossistema com os subsistemas de culturas, solos, invasoras, pragas e doenças. EMPASC¹⁸.

neiros na área, os artigos publicados por Raymond L. Lindeman⁴² em 1942 e Howard Odum em 1957⁵¹, dois ecólogos que, ainda hoje, têm seus trabalhos largamente referenciados.

Além de ser uma área de conhecimento interdisciplinar de desenvolvimento recente, a grande maioria das pesquisas se desenvolveram no estrangeiro, sendo que atualmente se concentram nos EUA e no Reino Unido.

Entre as publicações pesquisadas nota-se dois níveis de atuação. A um nível macro-estrutural estão estudos que tratam de políticas globais para a questão da energia, e obviamente a agricultura recebe destaque como um dos principais fatores a serem ponderados. Ao nível de um enfoque mais próximo ao processo produtivo, estão os estudos técnicos de medição e balanceamentos energéticos de sistemas agrícolas, as aplicações destes estudos em diferentes locais, tempo e tecnologia, e os estudos realizados no Brasil e especificamente em Santa Catarina.

2.5.1. Três Abordagens Macro-Estruturais

A primeira abordagem é a do romeno naturalizado americano Georgescu-Roegen. Seus trabalhos^{27,28,29} tiveram grande repercussão quando publicados no início da década de 70, em meio a intensas especulações acerca de preços de petróleo, aumentos populacionais e disponibilidades de recursos energéticos. Georgescu-Roegen em seus trabalhos aponta as duas primeiras leis da termodinâmica como os principais fatores a serem considerados em uma política global, condicionada por recursos naturais escassos e mal distri-

buídos entre nações, consumo destes recursos muito alto e em crescimento, baixo rendimento energético dos processos produtivos, alto nível de desperdício energético e poluição do meio ambiente. Em relação à agricultura diz que "... as modernas técnicas agrícolas fazem é aumentar a quantia de fotossíntese no mesmo espaço de terra cultivada. Mas este incremento é alcançado por um mais que proporcional incremento na delapidação da baixa entropia* de origem terrestre, o que é o único recurso criticamente escasso."²⁸

Entretanto, Georgescu-Roegen ao tratar temas tão amplos, não considera as estruturas de classes sociais e seus movimentos políticos como determinantes históricos da situação energética atual do planeta e dos novos rumos que se seguirão. O autor, pelo contrário, prefere localizar estes fatores na "raça humana", no bem e no mal.

Uma segunda abordagem também bastante ampla, mas diversa da anterior, é a realizada pelo norte-americano Barry Commoner^{12,13}. O autor apresenta estudos detalhados das leis de termodinâmica, das disponibilidades dos recursos energéticos existentes e de como estes recursos são atualmente utilizados. Porém, o referencial tomado para os estudos econômicos da energia está nas interferências causadas ao meio ambiente pelos movimentos de classes sociais, algumas apoderando do controle da energia como forma de subjugar outras. A forma de como se relacionam estas classes sociais são definidas e determinam as mesmas formas com que estas classes controlarão e usarão os recursos energéticos disponíveis. O autor alerta ainda sobre os custos energéticos de diferentes sistemas de produção agrícola, que onde se tem práticas de poucas perturbações

*Entende-se por entropia a medida de indisponibilidade de energia para realização de trabalho, ou seja a medida da desordem do universo.

ao meio ambiente é utilização de materiais orgânicos os custos são menores que os de grandes perturbações e uso de materiais inorgânicos.

A terceira referência trata-se do inglês Malcolm Caldwell⁰⁷. Seus estudos abordam de forma integrada as relações dos sistemas capitalistas e socialistas com os recursos energéticos, e de como estas relações estabelecem as disponibilidades de alimentos e demais riquezas aos seus grupos sociais. O autor aplica instrumentos desenvolvidos por Marx, Mao, e sucessores, combinados em abordagens nas quais o foco está nas mudanças físicas, fluxos de materiais e modelos de utilização de energia. É ressaltado ainda nos trabalhos do autor que, conjuntamente com as definições ditadas pela estrutura de classes da sociedade para seu modelo energético, está um forte componente histórico e cultural.



2.5.2. Os Estudos Técnicos da Análise Energética de Agroecossistemas

a) Sobre os Processos

Robert D. Hart³⁴ publicou na Costa Rica documento onde estabelece uma metodologia apropriada à análise energética de agroecossistemas. O trabalho traz ainda um exemplo da aplicação do modelo proposto; sendo sua seqüência de passos e modelo qualitativo adaptados no desenvolvimento desta dissertação e descrito na seqüência da revisão bibliográfica.

J.B.S. Hesles^{37,38} em documentos internos da COPPE-UFRJ, desenvolve concepções e métodos para estudos de fluxos energéti-

cos e análise energética de sistemas em geral, com ênfase em análises tipo insumo-produto e de processos.

Gerald Leach⁴¹ no Reino Unido, estabeleceu convenções e métodos para análise energética de sistemas agrícolas, nos quais suas taxas para conversões de unidades físicas a unidades energéticas são derivadas da matriz insumo-produto de seu país, e baseadas nos custos financeiros de componentes.

David Pimentel et alii^{56,57,58}, como coordenador de área de pesquisa na Universidade de Cornell (N.Y.-EUA) é responsável pela primeira publicação onde se faz uma contabilidade razoavelmente precisa da energia dispendida em produção agrícola, através do artigo "Food Production and the Energy Crisis".

Seus trabalhos posteriores dão importantes contribuições à contabilidade energética de sistemas agrícolas, nos quais faz-se análises energéticas detalhadas dos processos de obtenção dos principais insumos utilizados na agricultura, bem como contabiliza diversos sistemas de produção agrária em diferentes locais dos EUA, a diferentes estruturas tecnológicas.

Loomis et alii⁴⁶, avaliaram as estruturas e processos fisiológicos das plantas, através do estudo de seus fluxos de energia e capacidades em realizar fotossíntese. Os espécimes são estudados nas suas funções de transformar radiação solar e minerais em proteínas, vitaminas, carboidratos, etc.

J.R. Gomes³⁰, em tese de doutorado, avalia o dispêndio energético e reposição calórica do homem, em São Paulo, desempenhando algumas funções de trabalho. O autor utiliza medições de oxigênio consumido e dióxido de carbono exalado para suas avaliações.

b) Algumas Aplicações

Heichel³⁶ avaliou nos EUA a energia comercial dispendida na produção de diversos produtos agrícolas, variando os locais, tempo e tecnologia utilizada.

Makhijane⁴⁷, faz um profundo e detalhado estudo da agricultura na Índia, no qual as ferramentas da análise energética são utilizadas para desvendar as causas da extrema pobreza da maioria da população daquele país.

A FAO²³ publicou um relatório sobre a agricultura vista sob o enfoque energético, onde são apontados os consumos de energia dos principais insumos agrícolas. São levantados os custos energéticos de algumas culturas, com conclusões pouco alentadoras aos países subdesenvolvidos.

c) Estudos Comparativos

Roger Revelle⁶², realizou um estudo comparativo dos gastos energéticos médios entre as agriculturas norte-americana e indiana. Mostra que onde os primeiros desperdiçam energia, os indianos vivem em situação de miséria energética, dependendo a agricultura quase que apenas da força dos músculos.

Cox e Hartkins¹⁵, avaliaram custos energéticos da agricultura norte-americana a diferentes níveis de uso de mecanização e diferentes insumos. Conclui que estes custos são proporcionais ao nível das perturbações e modificações nos ecossistemas, gerados por estes insumos e máquinas.

G.M. Berardi⁰⁴, contabilizou a energia gasta na produção de trigo em fazendas de uma mesma região no nordeste dos EUA. Dois

diferentes sistemas de produção foram utilizados - um com uso de insumos cujas obtenções demandam grandes quantidades de energia e geram produtividades maiores, outro com uso de materiais orgânicos como insumos, e menor produtividade. Conclui que o primeiro sistema gasta 48% a mais em energia que o segundo, para um rendimento 29% superior por hectare.

Dvoskin e Heady¹⁷ usaram um modelo de programação linear para determinar as respostas da produção agrícola dos EUA às seguintes alternativas: minimização do consumo total de energia, com 10% de redução no uso total de energia e dobrando o preço da energia. As maiores variações das respostas são relativas aos altos custos envolvidos na irrigação e em fertilizantes nitrogenados.

Peart e Doering⁵⁵ nos EUA, utilizaram um modelo de simulação para avaliar os efeitos no consumo de energia e na produção, de várias práticas que visam reduzir os insumos energéticos não renováveis na produção de milho.

d) Estudos Brasileiros

Serra et alii⁶⁸, avaliaram a energia investida na fase agrícola de dez culturas diferentes no Estado de São Paulo. Os dados referentes à produção foram coletadas diretamente nas fazendas, e convertidos a unidades energéticas através de taxas encontradas na literatura.

Castanho Filho e Chabaribery⁰⁸, traçaram um perfil da agricultura paulista, fazendo a contabilidade energética de vinte e um diferentes cultivos. Os dados de produção são de estatísticas a nível de estado e as taxas de conversão a unidades energéticas foram obtidas na literatura.

Hesles et alii³⁹ fizeram uma análise energética do processo de implantação de uma floresta específica no Estado do Rio de Janeiro. As taxas de conversões a unidades energéticas foram retiradas da literatura.

Rockenbach et alii⁶⁵ realizaram uma análise energética de agroecossistema com beterraba açucareira no Estado de Santa Catarina. Foi utilizada a metodologia desenvolvida por Hart³⁴, os dados técnicos de produção foram obtidos em pesquisas aplicadas e as taxas de conversão a unidades energéticas retiradas da literatura.

2.6. Métodos e Materiais

Para a aplicação de análises energéticas em diferentes agroecossistemas, é necessário que haja coerência nos passos a serem seguidos e boa qualidade nos dados utilizados.

Percebe-se na literatura pesquisada que aquelas que efetivaram análises energéticas, o fizeram na maioria para casos específicos não generalizando os processos das análises na conformação de metodologias.

Robert Hart³⁴ propõe uma seqüência de passos baseada nos estudos dos fluxos de energia do agroecossistema, através das análises dos quadros de entradas, saídas, componentes e interações, e usa diagramas qualitativos para simplificar a representação dos agroecossistemas. Esta é a base metodológica adotada para as aplicações práticas nesta dissertação.

Os passos são os abaixo descritos:

1. Identificação do sistema a ser analisado.

São analisadas as seguintes culturas:

- Milho solteiro - sistema nº 1
- sistema nº 2
- Milho e soja consorciados
- Milho e feijão consorciados
- Feijão solteiro
- Soja solteira
- Arroz irrigado

Estas culturas foram selecionadas pela sua importância na economia catarinense (como pode ser visto na Tabela 1), por apresentarem diversos sistemas de produção e por se dispor de dados quantitativos e qualitativos sobre tais sistemas.

TABELA 1 - Área cultivada, produção, valor da produção e rendimentos dos principais produtos agrícolas do Estado de Santa Catarina, na safra 1981/82.

CULTURA	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	VALOR ^{a/} (Cr\$ 1.000)	RENDIMENTO (kg/ha)
Milho	1.108.615	1.628.756	62.748.405	2.371
Fumo	71.384	132.130	29.768.889	1.851
Feijão ^{b/}	375.000	331.040	26.649.530	887
Soja	415.000	534.000	18.590.120	1.200
Arroz ^{c/}	148.168	373.978	16.421.374	2.524
Cebola	11.380	113.602	10.206.004	9.983
Mandioca	71.772	1.146.350	7.520.056	15.972
Banana	21.500	274.125	6.356.960	12.750
Batata inglesa	19.064	160.819	5.659.221	8.436
Alho	2.490	7.905	5.455.240	4.000

^{a/} A preços de setembro de 1982.

^{b/} Safra e safrinha.

^{c/} Irrigado e sequeiro.

FONTE: CEPA - SC.

Os dados técnicos de produção dos sistemas analisados são oriundos das recomendações feitas por EMPASC/EMATER/ACARESC, órgãos estatais de pesquisa e extensão agropecuária que atendem o Estado de Santa Catarina. Será adotado que estas recomendações técnicas representam condições médias de produção de cada sistema, e que serão atendidas integralmente tais recomendações, obtendo-se assim a produção ali estipulada.

2. Caracterização inicial:

a) Entradas

São consideradas como entradas a radiação solar, trabalho de homens e animais, combustíveis, maquinaria, fertilizantes e corretivos, edificações, sementes, irrigação e defensivos agrícolas.

b) Saídas

São tomadas como saídas do sistema em estudo apenas os produtos agrícolas colhidos. Subprodutos tais como palhas e folhas, não são considerados visto que os mesmos são incorporados ao solo.

c) Limites do sistema

A unidade dimensional de área será de um hectare (10.000 m²), estando todos outros fatores envolvidos também dimensionados para a produção por hectare. O tempo será determinado pelo ciclo natural da produção, que vai desde o plantio à completa maturação e colheita.

d) Componentes

São considerados como inerentes aos sistemas o solo, o

subsistema de culturas e os subsistemas de invasoras, pragas e doenças (conforme diagrama da p. 12).

e) Relações internas ao sistema

Para cada sistema específico, serão descritas as operações que o compõem.

3. Elaboração de um diagrama qualitativo

Serão utilizados os símbolos da Tabela 2 compondo o modelo do diagrama 2, que são modificações dos modelos e símbolos de Odum⁴⁹ e Hart³⁴. No diagrama estão representadas as entradas, saídas, limites e as principais operações e interações entre componentes e insumos dos sistemas em foco.

4. Validação do modelo qualitativo

Como os dados de base são referentes a recomendações técnicas representando condições médias, não será realizada tal validação.

5. Elaboração de um quadro de entradas e saídas

Cada sistema terá seu quadro próprio de entradas e saídas.

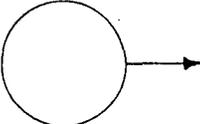
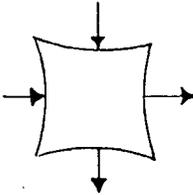
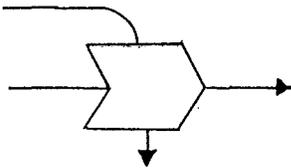
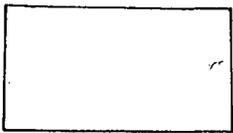
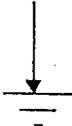
6. Elaboração de um diagrama quantitativo

A cada fluxo será associado uma quantidade, transformando-se o modelo qualitativo em quantitativo.

7. Conversão dos dados em unidades não energéticas a unidades energéticas

Em virtude da grande complexidade que envolve o estabele-

Tabela 2 - Símbolos utilizados na elaboração dos diagramas. Odum⁴⁹.

Símbolos	Significados
	Indica as fontes externas ao sistema
	Representa um planejamento ou chave reguladora de fluxos
	Indica a interação entre fluxos
	Significa um componente da estrutura do sistema
	Indica um sumidouro de calor ou incorporação de materiais à estrutura do sistema

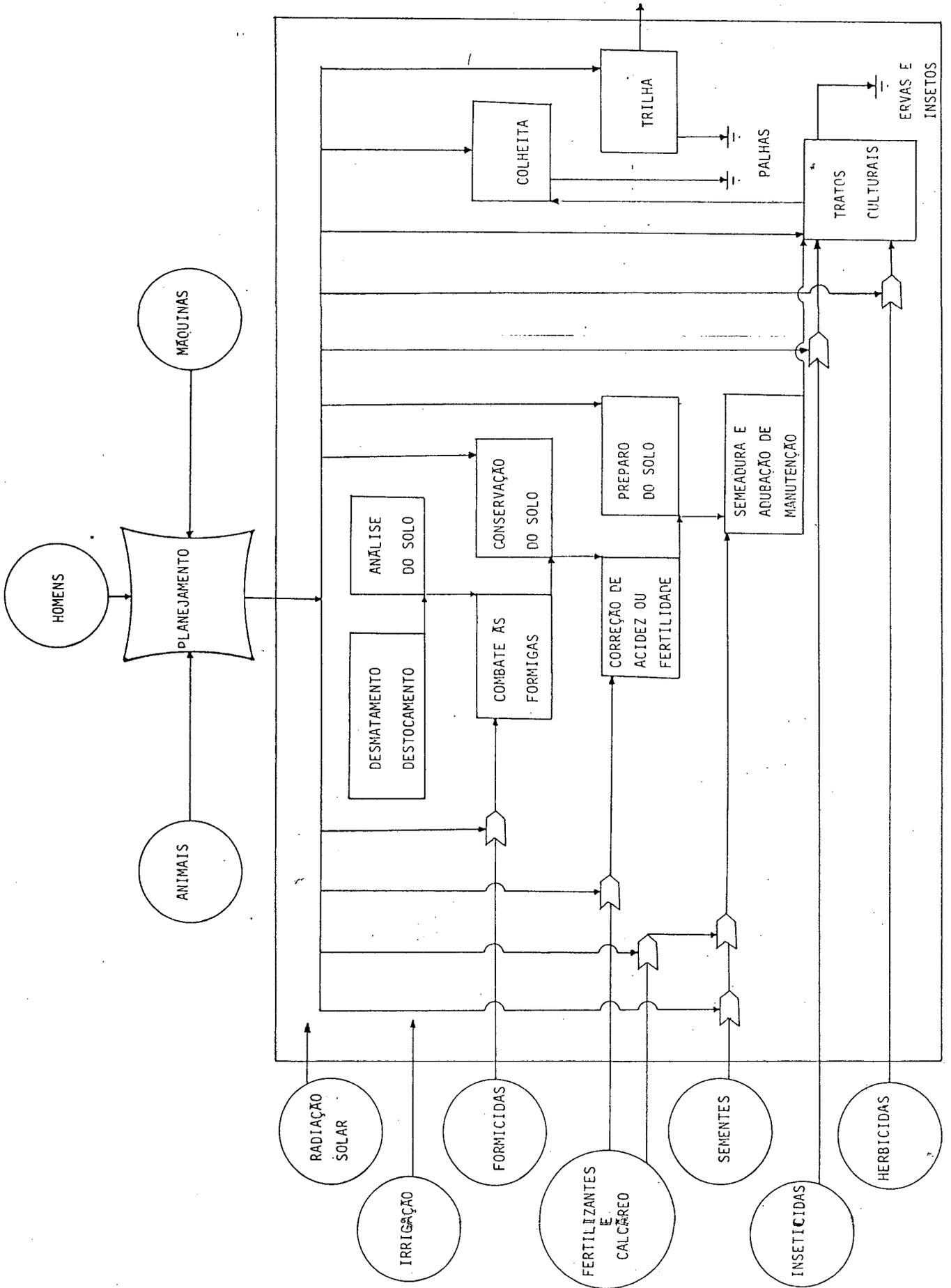


Diagrama 2 - Modelo qualitativo dos sistemas de produção em estudo.

cimento do custo energético de cada insumo particular, o próximo capítulo será dedicado a esta tarefa. A unidade de energia adotada é a caloria, em razão de ser a unidade mais frequentemente encontrada na literatura estudada.

8. Elaboração de um diagrama de fluxos energéticos

Os dados convertidos a unidades energéticas são combinados no modelo qualitativo, quantificando as energias dos fluxos do sistema.

9. Cálculo dos índices energéticos

Os índices energéticos são discutidos e definidos a seguir no item 2.7.

10. Conclusões

As conclusões partirão do exame dos diagramas, quadros de entradas e saídas, e dos índices energéticos de cada sistema.

2.7. Índices Energéticos

Para que se possa comparar e aferir rendimentos energéticos de sistemas de produção agrícolas, são definidos índices que possibilitam tais avaliações. Os índices citados na literatura sempre relacionam entradas com saídas dos sistemas, sendo que a qualidade destes índices está baseada em dois aspectos; nas conversões dos fatores de produção a unidades energéticas, e na quantificação e representação qualitativa destes fatores de produção do

sistema a ser analisado.

As principais diferenças entre os índices citados estão na consideração ou não da radiação solar na análise, e da transformação ou não dos produtos agrícolas a unidades energéticas. Serão discutidos agora estes diferentes índices e definidos aqueles que farão parte das aplicações práticas desta dissertação.

Em estudos agronômicos na maioria das vezes interessa avaliar a capacidade do sistema em converter energia da radiação solar e demais insumos em biomassa. A inclusão da incidência solar como insumo é feita, quando se interessa conhecer a capacidade de conversão calórica total do sistema. Por outro lado a não consideração da energia solar, permite avaliar mais claramente a relação entre os produtos obtidos no sistema e a energia comercializável (energia cultural) nele investida.

As saídas dos sistemas agrícolas podem ser divididas em dois grupos; os produtos energéticos e os não energéticos. Os produtos energéticos são aqueles destinados a produção de combustíveis (carvão, álcool, óleo, etc.), sendo facilmente conhecidos suas capacidades calóricas e de grande interesse a avaliação da relação insumo-produto de seus sistemas de produção. Já os produtos não energéticos se destinam a fins variados como obtenção de proteínas, vitaminas, carboidratos, remédios, resinas, fibras, etc., sendo que a conversão destes produtos a unidades energéticas perde sentido para a maioria destes sistemas.

O índice energético mais difundido tem sido aquele que trata da razão entre as saídas úteis do sistema na forma de calorías, e os insumos culturais (exclui-se a energia solar) também na forma de calorías. Este índice é denominado "Eficiência Cultural" e pode ser representado pela seguinte equação:

$$\text{Eficiência Cultural} = \frac{\text{Saídas Úteis (calorias)}}{\text{Entradas Culturais (calorias)}}$$

Quando se deseja considerar a radiação solar como insumo, um índice também largamente usado é aquele que trata da razão entre as saídas úteis do sistema na forma de calorias, e a energia total que entra no sistema, incluindo-se aí a radiação solar. Tal índice é denominado de "Eficiência Ecológica" que indica quão eficiente é a planta na captação da energia solar, e pode ser representado pela seguinte equação.

$$\text{Eficiência Ecológica} = \frac{\text{Saídas Úteis (calorias)}}{\text{Radiação Solar + Entradas Culturais (calorias)}}$$

Se não há interesse na conversão das saídas úteis dos sistemas em unidades energéticas, podem ser utilizados dois índices. O primeiro trata da razão entre as quantidades do produto em kilogramas e os insumos culturais, denominado "Produtividade Cultural". O segundo divide as quantidades do produto (Kg) pela energia total que entra no sistema (inclusive energia solar), denominado "Produtividade Ecológica". Tais índices podem ser representados pelas seguintes equações:

$$\text{Produtividade Cultural} = \frac{\text{Quantidade de Produto (Kg)}}{\text{Energia Cultural (calorias)}}$$

$$\text{Produtividade Ecológica} = \frac{\text{Quantidade do Produto (Kg)}}{\text{Radiação Solar + Energia Cultural (calorias)}}$$

Para diversas culturas, muitas vezes se interessa conhecer sua taxa de conversão energética, ou o ganho calórico total que o sistema gera. Um índice que mede esta relação é a diferença en-

tre a energia útil que sai do sistema e a energia cultural que entra no mesmo. Este índice é denominado "Energia Cultural Líquida" e pode ser representado pela seguinte equação:

$$\text{Energia Cultural Líquida} = \text{Saídas Úteis (calorias)} - \text{Entradas Culturais (calorias)}$$

Entre os índices descritos, o que é encontrado mais frequentemente na literatura é a "Eficiência Cultural", sendo usado por Pimentel desde 1973, por Heichel (1973), por Leach (1976), por Cox e Hartkins (1979) e por Hart (1980), entre os principais pesquisadores da área.

Os índices "Eficiência Ecológica" e "Energia Cultural Líquida" foram tratados com maior evidência nos trabalhos de Hart³⁴ (1980).

Richard C. Fluck²⁶, criticou o uso indiscriminado das razões calóricas insumo-produto, que além de serem insuficientes quando únicos instrumentos de análise, podem levar a más interpretações dos sistemas. No mesmo artigo é defendido o uso do índice "Produtividade Cultural", considerando que os produtos não devem ser convertidos a unidades energéticas. Alerta ainda que este índice deve ser específico para cada produto agrícola, local e tempo, só podendo ser comparados sistemas diferentes se atendidas estas condições.

Outros autores que utilizam apenas as relações entre produtos em kg e insumos calóricos, são: Serra et alii⁶⁸, Lockertetz⁴⁵ e Mackijane⁴⁷.

Atendendo às considerações de Fluck, serão adotadas nesta dissertação os índices "Produtividade Cultural" e "Produtividade

Ecológica" para análise de agroecossistemas catarinenses.

Tratados os aspectos teóricos de sustentação da análise energética de agroecossistemas e definidos os materiais e métodos para sua efetivação, o primeiro passo rumo às aplicações práticas é a contabilização energética dos insumos que comporão os sistemas agrícolas a serem analisados.

O próximo capítulo tratará então do levantamento dos custos energéticos que envolvem a obtenção e funcionamentos dos fatores físicos da produção agrícola, sendo que cada um destes fatores será tratado separadamente.

CAPÍTULO III

VALORES ENERGÉTICOS DOS INSUMOS AGRÍCOLAS

Tratadas as concepções teóricas dos agroecossistemas, de como se pode compreender estas estruturas a partir de uma análise energética, dispondo ainda de metodologia própria a tal análise, o próximo passo é conhecer os custos energéticos de obtenção e funcionamento dos componentes da produção agrícola.

Os agroecossistemas combinam uma forma difusa de energia, que é radiação solar, com outras formas concentradas que são os insumos que interferem nos ecossistemas. Para que se possa analisar estes fluxos de energia, serão contabilizados separadamente neste capítulo os custos energéticos de cada insumo relevante da produção agrícola catarinense.

Existem diversas maneiras de se obter os custos energéticos de um bem ou serviço. Os mais frequentemente utilizados são a análise de processo, análise insumo-produto e conversão de unidades financeiras em energéticas.

O método mais acurado é o da análise de processo, na qual se estimam os custos energéticos de todos os fatores físicos envolvidos na obtenção do bem ou serviço. Isto é feito através de

uma análise detalhada da energia dispendida na obtenção das matérias primas, da energia dispendida em todos os processos da manufatura de materiais que compõem o produto, do transporte destes materiais, do combustível utilizado, enfim de todos os fatores que geram custos energéticos para obtenção deste bem ou serviço.

O método da matriz insumo-produto pressupõe que o bem ou serviço a ser analisado esteja discretizado em um setor específico da matriz, ou que o índice de agregação dos setores ou produtos que esteja envolvido não seja muito grande. Não foi encontrada na bibliografia pesquisada, nenhuma contabilização de custos energéticos de insumos agrícolas que se utilizasse de matriz insumo-produto brasileira. Entre os autores estrangeiros, se destaca o trabalho de Leach⁴¹ que utiliza a matriz do Reino Unido para suas contabilizações energéticas, com ressalvas ao alto índice de agregação de seus setores.

A conversão do custo financeiro do insumo em custo energético é feita quando não se dispõe de dados para análise de processo ou análise insumo-produto. A conversão é obtida dividindo-se o consumo de energia primária do país por seu produto interno bruto (PIB), e multiplicando-se este fator pelo custo financeiro do insumo^{34,35,41}. Neste trabalho apenas os materiais de propagação são contabilizados por este método.

As publicações sobre contabilizações energéticas na agricultura são relativamente recentes, e na quase totalidade estrangeiras. Este fato gera um problema adicional na obtenção dos índices de conversão energética, pois estes necessitam ser adaptados em função de diferenças tecnológicas, de disponibilidades de materiais e mão de obra, diferenças climáticas, etc.

No desenvolvimento deste trabalho será indicado para cada insumo a abordagem que os diversos autores fizeram, sendo que em alguns itens são apenas mostrados os índices obtidos por estes autores, em razão de não serem demonstradas as formas de obtenção destes dados. Ao final de cada item será eleito um índice, ou abordagem, que for considerado de maior precisão e adaptado, ou não, às condições locais.

Os insumos aqui tratados são; combustíveis, eletricidade, edificações, radiação solar, materiais de propagação, fertilizantes e corretivos, defensivos agrícolas, irrigação, homens, animais e maquinaria.

3.1. Combustíveis e Eletricidade

São utilizados na agricultura catarinense basicamente quatro tipos de combustíveis: gasolina, óleo diesel, óleo combustível e álcool, sendo o último em escala bastante reduzida não sendo considerado neste trabalho.

Na contabilização energética dos derivados de petróleo há um custo calórico para seus processamentos, considerado que para obtenção de um litro de combustível foi consumido 1,14 vezes seu poder calorífico⁶⁸. Utilizando-se de dados do "Balanço Energético Nacional" de 1984⁰⁶ para obtenção do poder calorífico dos combustíveis nacionais, e do fator de insumo-produção acima mencionado, foi montada a tabela abaixo dos custos energéticos totais dos combustíveis.

Tabela 3 - Valores energéticos totais dos combustíveis fósseis.

TIPO	Kcal/litro		
	poder calorífico	insumo-produção	total
gasolina	8.289	1.160	9.449
óleo combustível	9.990	1.399	11.389
óleo diesel	9.086	1.272	10.358

Em relação à eletricidade, por existir um consumo misto de hidro-eletricidade e termo-eletricidade em Santa Catarina, e por não serem encontrados dados sobre custos energéticos referentes a represamento de águas, turbinas, redes, e manutenção de usinas hidro-elétricas, será considerado apenas a termo-eletricidade, a um custo de 3.015 Kcal por Kwh⁵⁸.

3.2. Transporte

Será considerado para fins deste trabalho, que os custos energéticos referentes aos transportes dos insumos até a fazenda já estão incorporados nas contabilizações específicas dos mesmos, e que os produtos serão entregues no portão da fazenda.

Os transportes internos ao sistema são tomados como realizados por trator ou animal tracionando uma carreta, com seus respectivos custos tratados nos itens "maquinaria" e "animais".

3.3. Edificações

As edificações rurais são de enorme variedade de tamanho e qualidade, em função da localização geográfica, do tamanho da propriedade, do que ali se produz, da cultura dos proprietários, do seu nível de renda, etc.

Para possibilitar um cálculo aproximado dos custos energéticos destas edificações, buscou-se em dados catalogados pela ACARESC de propriedades típicas do Estado de Santa Catarina, uma tal que pudesse ser caracterizada como padrão.

A propriedade padrão adotada tem 17 hectares plantados, uma casa de alvenaria para residência com 108 m² e edificações para serviços de 152 m².

Duas publicações trataram dos custos energéticos de edificações.

Hannon et alii³³ calcularam estes custos para edificações rurais médias aos EUA, usando uma combinação de análise de processo e análise insumo-produto, obtendo-se os resultados de 1.544.444 Kcal/m² para residências e 422.222 Kcal/m² para edificações de serviços.

O Centro Tecnológico de Minas Gerais⁶⁷ (CETEC-MG) através de análise tipo insumo-produto calculou o custo energético para residências urbanas, obtendo resultados que variam de 0,5 a 0,24 x 10⁶ Kcal/m².

Os valores encontrados por Hannon são muito superiores aos do CETEC, apesar deste último tratar de residências urbanas de razoável conforto e acabamento.

Devido à grande diferença entre as edificações rurais norte-americanas, que têm que suportar grandes variações climáticas além de seus proprietários possuírem níveis de renda superiores em média aos brasileiros, será então adotado neste trabalho o menor valor encontrado pelo CETEC para residências; $0,24 \times 10^6$ Kcal/m² e 0,27 vezes este valor para edificações de serviço; 64.800 Kcal/m². Esta proporção tomada é a mesma existente entre edificações de serviço e residência de Hannon.

Para o cálculo do custo envolvido em edificações como parte dos custos da produção agrícola, será dividida a área construída por 17 hectares, e então depreciadas linearmente até zero em 25 anos.

Os custos energéticos anuais por hectare plantado para edificações rurais ficam então:

residência	=	60.988 Kcal
serviços	=	23.176 Kcal
<hr/>		
total	=	84.164 Kcal/ha/ano

3.4. Radiação Solar

QUADRO 1

Radiação solar média para o Estado de Santa Catarina em cal/cm²/dia, a partir de dados do Atlas Solarimétrico do Estado de Santa Catarina.

Janeiro	485,67	Julho	253,83
Fevereiro	454,00	Agosto	292,12
Março	383,83	Setembro	334,25
Abril	325,00	Outubro	413,67
Maiο	264,87	Novembro	478,21
Junho	255,71	Dezembro	499,46

Fonte: Leda Orselli⁵²

A radiação solar que incide sobre o solo é apenas em parte absorvida pelas plantas, sendo a parcela da radiação que atua como fotossintetizante considerada em 0,3948 vezes a incidência total*.

3.5. Propagação

Os materiais de propagação de culturas são: sementes, mudas, bulbos, estacas, etc., e envolvem geralmente uma parcela substancial da energia total investida na produção agrícola.

Os custos energéticos vão desde a produção, que em boa par-

*Índice de Bray, utilizado por: FARGAS, J. Elementos e Índices para evoluar agroecossistemas desde el punto de vista energético. Curso de Ecofisiologia. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979.

te já visa a obtenção do agente disseminador, o qual por isto, necessita ser de qualidade, passam pela seleção criteriosa para boa reprodução genética, passam pelo tratamento químico muitas vezes, para não serem atacados por doenças, formigas, insetos, etc, e finalmente os agentes são embalados e distribuídos, envolvendo aí também mais custos energéticos.

A produção, processamento e distribuição dos materiais de propagação podem variar, segundo diferentes autores e diferentes culturas, de 3% até 31% do custo energético total desta cultura.

A FAO²³ assume genericamente que a produção de sementes de alta qualidade, requer 7.170 Kcal por Kg nos EUA e 3.580 Kcal por Kg nas Filipinas e no México.

Pimentel et alii⁵⁸ estimam o custo energético dos materiais de propagação, em duas vezes o conteúdo energético digestível do mesmo.

Segundo Heichel³⁵ existem quatro diferentes maneiras de estabelecer os custos energéticos dos materiais de propagação:

1) Estima-se que este custo é múltiplo do conteúdo energético digestível do material de propagação.

2) Diminui-se do que foi obtido na safra a quantidade usada como disseminador.

3) Avalia-se o custo energético através do custo econômico, pela conversão \$ → cal, visto na introdução.

4) Faz-se a análise do processo de obtenção do material propagador.

Heichel optou pelo método 3, em função de que os métodos 1 e 2 não são precisos, e que para o método 4 não existem dados que permitam tal análise.

Leach⁴¹ indica que para propagadores comestíveis, deduz-se o peso do que foi produzido na safra da quantidade usada como semente. Para os não comestíveis, adota o método de converter custo em libras para calorias.

QUADRO 2

Energia dispendida em materiais de propagação, segundo vários autores.

D = Kcal/Kg	
1. Pimentel:	D = 2 x Energia digestível da semente
2. FAO	: D = 7.170 Kcal/Kg (EUA) D = 3.580 Kcal/Kg (Filipinas e México)
3. Leach	: a) Para propagador comestível D = Produto da safra - propagador b) Para propagador não comestível D = Custo financeiro do propagador convertido em custo calórico
4. Heichel	: D = Custo financeiro do propagador convertido em custo calórico.

As informações mais detalhadas e precisas sobre os custos energéticos dos materiais de disseminação foram as fornecidas no artigo citado de Heichel, onde este indica o uso de seu terceiro método como o mais aproximado da realidade. Como no desenvolvimento deste trabalho não se encontrou dados que permitissem uma discretização e contabilização de todos os fatores que envolvem custos energéticos de materiais de disseminação, também se optou pelo

método que avalia os custos energéticos, através dos seus custos financeiros.

Para a obtenção do fator de conversão energético da moeda, calcula-se a razão entre o consumo de energia primária, e o produto interno bruto do país no mesmo ano, bastando então multiplicar o preço do insumo por este fator para obtenção de seu custo energético.

Para o Brasil em 1982 temos:

$$\frac{\text{Consumo de energia primária} = 15.747.372 \times 10^8 \text{ Kcal}}{\text{Produto Interno Bruto} = 155.280 \times 10^6 \text{ dólares}} =$$

$$= 10.141 \text{ Kcal/dólar}$$

3.6. Fertilizantes e Corretivos

No processo de produção agrícola as plantas retiram continuamente nutrientes do solo. Quando é colhido do sistema grãos, frutas, folhas, resina, caules, etc., torna-se necessário a entrada de uma fonte externa de nutrientes que forneça ao sistema a possibilidade da melhoria ou manutenção da fertilidade do solo, sem a qual este seria exaurido.

A reposição da fertilidade do solo pode ser feita através da introdução de matéria orgânica, de fertilizantes químicos ou da combinação dos dois.

O emprego de fertilizantes químicos de forma massiva é um fenômeno recente das últimas décadas, e o crescimento da sua aplicação é tão grande que hoje é o segundo maior fator de produção agrícola em gastos de energia comercial, no mundo, logo após os gastos em maquinaria²⁴.

A demanda crescente de alimentos gera uma necessidade também crescente de incremento na produção agrícola. O incremento da produção porém está assentado fortemente na intensa aplicação de fertilizantes químicos, os quais tem as vantagens da concentração, facilidade de transporte e adaptabilidade e diferentes tipos de solos e cultivos, porém a um custo energético bastante alto.

São três os principais componentes dos fertilizantes químicos: Nitrogênio, Fósforo e Potássio (N.P.K.).

Os fertilizantes nitrogenados têm o gás natural como principal matéria prima, utilizando em pequenas quantidades os derivados de petróleo e carvão mineral. Em sua síntese, primeiramente é obtida a amônia e desta se derivam as outras formas de nitrogenados, sendo que as etapas posteriores usam uma quantidade adicional de energia pequena quando comparadas à síntese da amônia.

Para os fosfatados, a maior parte da energia requerida refere-se à extração e transporte dos minérios de fosfato e enxofre. O ácido sulfúrico oriundo do enxofre reage com a pedra de fosfato, dando origem ao ácido fosfórico e ao superfosfato.

O potássio é geralmente utilizado na agricultura na mesma forma em que foi retirado da natureza, sofrendo em alguns casos um processo de enriquecimento ou de separação de outros sais.

Os fertilizantes químicos conseguem dar suprimento balanceado de nutrientes às plantas, principalmente às variedades de grãos de alta produtividade que só atingem tais produtividades em combinações precisas de nutrientes. Porém ao mesmo tempo que cresce o uso de fertilizantes químicos e sua importância no aumento de produtividade, aumenta também a significação deste insumo no consumo energético total da produção agrícola, tornando indispensável a busca de melhorias na sua aplicação e de alternativas eco-

lógicas de baixo custo energético e ambiental.

A fertilização do solo através da incorporação de restos de culturas, resíduos vegetais, animais e humanos, tem custo energético relativamente reduzido (esterqueira, transporte e maquinaria para incorporação ao solo basicamente), gerando resultados satisfatórios em fertilização além de serem integrantes naturais de cadeias de ecossistemas. Porém a intensidade com que a agricultura é exercida e a dissipação dos produtos agropecuários na forma de calor, trabalho e lixo, etc., não permite que exista tanto fertilizante orgânico quanto se necessita.

Outro aspecto importante, é a recuperação do solo através da calagem que corrige a acidez do mesmo, prática largamente utilizada no Brasil. Apesar do calcário ter baixa densidade energética, o volume em que é aplicado, faz com que o item tenha peso na contabilidade energética total.

Makhijane⁴⁷ indica um consumo de 18.750 Kcal para produzir 1 Kg de nitrogênio, se a matéria prima for gás natural, e 25.000 Kcal/Kg-N se for produzido de óleo ou carvão mineral.

Cox e Kartkins¹⁵ atribuem índices de custos energéticos de 17.600 Kcal/Kg para o nitrogênio, 3.190 Kcal/Kg para o fósforo e 2.200 Kcal/Kg para o potássio.

Felipe Júnior et alii²⁵ contabilizaram os custos energéticos de fertilizantes nitrogenados em fábricas brasileiras, derivando o valor de 14.930 Kcal/Kg-N.

Leach⁴¹ utilizou dados da I.C.I. (maior fabricante de fertilizantes do Reino Unido) para o cálculo dos custos dos fertilizantes nitrogenados. Em relação aos fosfatados, foram considerados mineração, concentração, transporte e manufatura. Para o potássio

foram considerados apenas mineração e transporte. Os valores encontrados foram as médias; 19.111 Kcal/Kg para o nitrogênio, 3.344 Kcal/Kg para o fosfato e 2.150 Kcal/Kg para o potássio. Foi calculado o custo do calcário bruto, obtendo-se o resultado de 478 Kcal/Kg.

Lockeretz⁴⁴ obteve resultados para fabricação de fertilizantes que são médias das indústrias dos EUA usando-se processos standards. Estes dados foram desenvolvidos no "Tennessee Valley Authority (TVA)" e incluem gás natural, eletricidade, transporte e armazenagem. Os custos são: 12.000 Kcal/Kg para amônia anidra, 14.300 Kcal/Kg para uréia, 14.700 Kcal/Kg para nitrato de amônio, 2.300 Kcal/Kg para o superfosfato normal (0-20-0), 3.000 Kcal/Kg para o superfosfato triplo (0-46-0) e 1.600 Kcal/Kg para o muriato de potássio (0.0-60). Para os materiais calcáreos, foram obtidos os custos de: 315 Kcal/Kg para o calcário bruto e 2.408 para o cal hidratada ou extinta.

As projeções para 1986 feitas pelo Ministério da Agricultura do Brasil⁴⁸ indicam que neste ano o país produzirá 61% dos fertilizantes nitrogenados consumidos, 71% dos fosfatados e 14% dos potássicos. Os custos energéticos adotados dos fertilizantes utilizados no Brasil, serão acrescidos então, na porcentagem em que são importados, de custo referente a transporte marítimo a uma taxa definida por Leach⁴¹ em 120 Kcal/Kg.

Neste trabalho serão adotados os índices calculados por Felipe Júnior para os nitrogenados, por ser o trabalho mais recente, ser detalhado e ter sido realizado no Brasil. Os 39% dos nitrogenados importados terão seus índices acrescidos de $0,39 \times 120 = 47$ Kcal/Kg, referentes ao transporte marítimo.

Para os fertilizantes fosfatados e potássicos não foram en-

QUADRO 3

Energia dispendida em fertilizantes e corretivos, segundo vários autores.

Kcal por Kg de N, P₂O₅, K₂O e Calcáreo

1. Makhijane	:	N	-	{	18.750 (gás natural)
				}	20.000 (óleo ou carvão)
2. Cox-Hartkins:		N	-	17.600	
		P	-	3.190	
		K	-	2.200	
3. Leach	:	N	-	19.111	
		P	-	3.344	
		K	-	2.150	
				Calcáreo bruto - 478	
4. Lockeretz	:	N	-	{	12.000 (amônia anidra)
				}	14.300 (uréia)
					14.700 (nitrato de amônio)
		P	-	{	2.300 (superfosfato normal 0-20-0)
				}	3.000 (superfosfato triplo 0-46-0)
		K	-	1.600 (muriato de potássio 0-0-60)	
				Calcáreo bruto - 315	
				Cal queimada - 2.408	
				Cal hidratada - 2.408	
5. Felipe Júnior:		N	-	14,930 Kcal/Kg-N	
				6.870 Kcal/Kg-Uréia	

contradas contabilizações de seus custos energéticos para o Brasil. Serão adotados então os índices definidos por Leach para P_2O_5 e K_2O quando estes fizerem parte de fertilizantes compostos, e adotados os índices de Lockeretz para os superfosfatos e Muriato de Potássio. Estes índices são acrescidos ainda, na porcentagem em que são importados, de $0,29 \times 120 = 34,8$ Kcal/Kg para os fosforados e $0,86 \times 120 = 103,2$ Kcal/Kg para potássicos.

Os materiais calcáreos serão adotados à taxa de 400 Kcal/Kg para o calcário bruto, e 2.408 Kcal/Kg para a cal hidratada ou extinta.

Para os fertilizantes orgânicos não serão considerados seus custos de obtenção, mas apenas os custos referentes à esterqueira e transporte, sendo a distribuição tratada no item "maquinaria". Será adotada neste trabalho a esterqueira da propriedade padrão definida no item "edificações", que possui área de 41 m^2 , a custo energético de 64.800 Kcal/m^2 , dividida por 17 hectares e depreciada em 10 anos. O custo energético anual por hectare referente à esterqueira fica então em 15.628 Kcal. Para o transporte do fertilizante orgânico será usado o índice de custo calórico de transporte rodoviário, definido por Pimentel⁵⁵ em 0,83 Kcal para transportar 1 Kg em 1 Km. Será adotada uma distância média de 50 Km, ficando o custo de transporte igual a 41,5 Kcal/Kg.

QUADRO 4

Energia Dispendida em Fertilizantes e Corretivos - Valores Estabelecidos

Uréia (46% N)	6.917 Kcal/Kg - uréia 14.977 Kcal/Kg - N
P ₂ O ₂ (100%)	3.384 Kcal/Kg
K ₂ O (100%)	2.268 Kcal/Kg
Superfosfato Normal (0-20-0)	2.340 Kcal/Kg
Superfosfato Triplo (0-46-0)	3.040 Kcal/Kg
Muriato de Potássio (0-0-60)	1.718 Kcal/Kg
Calcáreo bruto	400 Kcal/Kg
Cal	2.408 Kcal/Kg
Fertilizantes orgânicos	45,5 Kcal/Kg + 15.628 Kcal

3.7. Defensivos Agrícolas

Quando um ecossistema é alterado no sentido da produção privilegiada de uma ou mais plantas, esta interferência privilegia também outros seres orgânicos do ecossistema, tais como fungos, insetos, outras plantas, etc. O privilégio das plantas cultivadas somente será obtido se seus concorrentes sofrerem uma ação de controle que reprima seus crescimentos e propagação. Historicamente as pragas tem sido um grande fator para insucessos, tanto da agricultura quanto da armazenagem dos produtos obtidos.

Os defensivos são os elementos da produção agrícola de maior densidade energética. Utilizam-se de energia na forma de hidrocarbonetos como base de certos ingredientes pesticidas ativos e de alguns solventes, de eletricidade e calor para síntese e manufatura destes ingredientes, além de que as embalagens, transporte, distribuição e aplicação requerem ainda uma grande quantidade de energia. Entretanto, como usualmente são empregados em pequenas quantidades, não representam grande parcela da energia comercial total empregada na produção agrícola.

Os altos custos financeiros, e a preocupação acerca dos efeitos nocivos sobre a biosfera da aplicação de defensivos químicos têm gerado soluções que reduzem estas aplicações, enfatizando-se métodos alternativos de controle de pragas. Pode-se reduzir a aplicação de inseticidas e fungicidas aprimorando linhagens mais resistentes de cultivares, controles biológicos como introdução de insetos estéreis ou inimigos naturais de um inseto dado, armadilhas para insetos, intercalação de diferentes cultivares, evitar a monocultura e outros métodos mais. Quanto ao controle das ervas daninhas, este pode ser feito por cultivo mecânico, homens com

ferramentas, herbicidas, ou uma combinação dos três processos, sendo que o herbicida é o mais caro em termos de energia.

As projeções da FAO²⁴ indicam uma proporção decrescente do emprego de defensivos nos países desenvolvidos devido a preocupações ambientais. Por outro lado há um aumento considerável no uso de defensivos nas regiões em desenvolvimento onde as perdas por pragas são imensas, antes e depois das colheitas, por falta de uma defesa adequada. Este órgão estima um gasto energético de 24.128 Kcal/Kg para defensivos em geral.

Gerald Leach⁴¹ deriva aproximações a grosso modo dos insumos energéticos para defensivos, usando uma taxa de conversão de 25.084 Kcal/Kg, para pesticidas e 22.695 Kcal/Kg para herbicidas.

Cox e Hartkins¹⁵ adotam a taxa de conversão de 27.170 Kcal/Kg para pesticidas em geral.

Terhune⁷² atribui um insumo energético total de 415.000 Kcal/ha para manufaturar e aplicar 2,2 Kg de herbicidas (pré e pós-emergência) a uma taxa de conversão de 73.900 Kcal/Kg e utilizando 9,4 litros de gasolina.

Segundo David Pimentel⁵⁸ os insumos energéticos para a manufatura de cada ingrediente pesticida ativo, variam de 13.810 Kcal/Kg para o metil parathion até 109.520 Kcal/Kg para o paraquat. Estes insumos variam de acordo com a quantidade de hidrocarbonetos, calor, e eletricidade usados no processo de manufatura. Neste trabalho, Pimentel indica ainda os insumos energéticos para formulação, embalagem e transporte de vários pesticidas, cujas médias estão indicadas no quadro a seguir.

QUADRO 5

Energia dispendida em defensivos agrícolas* segundo vários autores - valores médios

Kcal/Kg

	Defensivos em geral	Herbicidas	Pesticidas	Inseticidas	Fungicidas*
FAO	24.139				
LEACH		22.705	25.095		
COX/HART KINS	27.170				
TERHUNE		73.900			
PIMENTEL		83.093		74.245	48.970

*Valores dados para 1 Kg de ingrediente pesticida ativo.

Os principais fabricantes brasileiros de defensivos que são transnacionais, e mesmo as empresas unicamente nacionais, se utilizam de tecnologia em sua maioria importada e com razoável avanço quando comparadas aos fabricantes dos países desenvolvidos, onde foram coletados os dados aqui apresentados. Considerando que os dados de Pimentel se mostram um grau detalhamento superior aos dos outros autores, e baseado nas considerações acima sobre a tecnologia de fabricação, serão adotados estes mesmos dados, sem alteração.

3.8. Irrigação

A dependência das águas estarem no momento, em quantidade e no local certo, é determinante na produção agrária. Apesar de no Brasil o clima permitir maior número de safras por ano e em quan-

tidades maiores, estas são limitadas pela dependência do suprimento adequado de água.

No contexto de modernização da agricultura, a irrigação é fundamental para regularização e incremento da produção agrária, principalmente considerando as novas sementes de alta produtividade que requerem água reguladamente, sendo pouco toleráveis a variações.

Os processos de irrigação podem ser divididos em dois grupos, diferenciados pela energia que impulsiona a água; os processos que utilizam apenas a gravidade para transportar e distribuir a água que já está na superfície do solo, e os processos que se valem de bombas para captar, transportar e distribuir a água. Ambos são geralmente enormes consumidores de energia.

Os processos que se valem da gravidade consomem energia na construção de canais, comportas, represamentos (apesar destes muitas vezes já estarem disponíveis com função de gerar eletricidade) e em manutenção. Os processos que se utilizam de bombas, consomem energia também com canais, comportas e represamentos, assim como na fabricação de bombas, motores, tubos, dispersores, etc., na manutenção e principalmente no funcionamento de todo este equipamento.

A contabilização dos gastos energéticos da irrigação varia para cada caso particular em função do volume e profundidade do lençol freático, topografia do terreno, sistema de irrigação e da quantidade de água requerida para cada cultivo.

A FAO²³ presume que a energia requerida para produzir o equipamento de irrigação seja mais ou menos idêntica à correspondente à maquinaria agrícola; $20,712 \times 10^3$ Kcal por Kg de equipa-

mento, com amortização média de 10 anos, sendo que para a América Latina se supõe um peso médio de equipamento de 140 Kg/ha-irrigado. A energia para funcionar o equipamento é considerada como cerca de cinco vezes a requerida para a fabricação, assumindo-se um gasto de 180 Kg de combustível ($10,32 \times 10^3$ Kcal/Kg) para cada hectare irrigado por ano.

Cox e Hartkins¹⁵ estimam um custo mínimo para ambos processos, gravidade e bombeamento, de cerca de $8,1 \times 10^6$ Kcal/ha-metro.*

Leach⁴¹ assume um custo energético de 2.174 Kcal/ton (1000 litros) para a irrigação canalizada.

Makhijane⁴⁷ atribui valores aos gastos energéticos para irrigação, variando de $0,125 \times 10^6$ Kcal por hectare por safra onde a água está bastante próxima da superfície, aumentando até $1,25 \times 10^6$ Kcal/ha/safra em zonas áridas com lençol freático profundo.

Batty e Keller⁰² calculam o custo fixo anual de energia dos equipamentos levando em consideração a reciclagem dos materiais, e a duração dos equipamentos e sistema pela seguinte relação:

$$CEFA = \frac{(EMA + EMR) \times NR}{VUS}$$

onde CEFA = custo energético fixo anual; EMA = energia para manufatura de matéria bruta; EMR = energia para manufatura de materiais reciclados; NR = número de reposições do produto na vida útil do sistema e VUS = vida útil do sistema.

Além dos custos fixos energéticos anuais, os autores calcularam também a energia dispendida no bombeamento, sendo esta maiores que o CEFA mesmo para pequenas cargas. Estes dados são válidos

*1 ha - cm = 100 m^3 (Batty e Keller⁰²).

para os EUA, e as amplitudes dos valores para irrigação bombeada e média para gravidade estão no quadro abaixo.

QUADRO 6

Energia dispendida em irrigação segundo vários autores - valores médios

	CUSTO FIXO ANUAL	FUNCIONAMENTO	TOTAL
FAO	289.970 Kcal/ha-irr.	1.857.600 Kcal/ha-irr.	2.147.570 $\frac{\text{Kcal}}{\text{ha-irr.-ano}}$
COX/HARTKINS			8.1×10^6 Kcal/ha-metro
MAKHIJANE			de 0,125 a $1,25 \times 10^6$ Kcal/ha-irr.
BATTY/KELLER	irrigação por bombas de 109.940 a 1:438.302 Kcal/ha-irr.	irrigação por bombas de 760.976 a 23.900.000 Kcal/ha-m.	irrigação por gravidade 300 Kcal/m-ano

Os gastos energéticos envolvidos em irrigação são significantes e devem ser considerados, mesmo se forem apenas regos, canais ou bombas a baixa taxa de trabalho.

Os dados de Cox/Hartkins, da FAO e de Makhijane estão evidentemente subdimensionados quando comparados aos de Batty e Keller. Estes últimos estão discretizados o suficiente para se realizar um cálculo acurado de qualquer caso particular, principalmente para sistemas que envolvem grande número de componentes e bombeamento.

No desenvolvimento deste trabalho será estudado apenas uma cultura que utiliza irrigação, e é do tipo gravitacional com regos e canais. Os dados de Batty e Keller são os únicos que dão tratamento diferenciado a tal sistema, sendo então adotados, neste trabalho, a uma média de 300 Kcal por metro-ano.

3.9. Animais

A utilização de animais de grande porte na agricultura catarinense tem forte presença como forma de obtenção de trabalho. A força do trabalho animal é utilizada na forma de transporte de carga ou homens, e para tração de implementos agrícolas, sendo que podem ainda gerar subprodutos como leite, carne e crias, com razoável valor econômico.

Diferentemente de sistemas produtivos pecuários e granjeiros, onde a ração, instalações e cuidados com os animais são alguns dos fatores mais importantes para o sucesso da empresa, na produção agrícola são normalmente utilizados poucos animais por

propriedade, consumindo também poucos insumos e cuidados na manutenção destes, quando comparados com os gastos totais do sistema. A ração destes animais pode ainda ser complementada por palhas, restevras de culturas, etc., além de pastagens originadas de locais de difícil cultivo, permitindo melhor aproveitamento do solo.

Revelle⁶² apresenta três métodos de contabilizar a energia gasta pelo trabalho animal na agricultura: 1) Se o animal for considerado tal qual uma máquina, deve ser considerada então sua manufatura pela contabilização da energia líquida (alimento consumido menos as saídas de leite, esterco, etc.) de toda a população do rebanho. 2) Pode-se considerar apenas a energia líquida referente a um animal, dividida pelo número de horas trabalhada. 3) Assume-se que o animal em pleno trabalho utiliza 43% da energia que consome. Pelo 1º método encontra-se o valor de 10.900 Kcal por hora trabalhada, pelo 2º método encontra-se 5.300 Kcal/hora-trabalho e pelo 3º método 2.300 Kcal/hora-trabalho. O terceiro método foi o adotado pelo autor no desenvolvimento de seu trabalho.

Pimentel⁵⁷ atribui o valor de 2.000 Kcal/hora de trabalho, que é relativo ao consumo de 20.000 Kcal de alimentos por dia.

Heichel³⁶ usa uma taxa de conversão de 2.400 Kcal por hora de trabalho animal.

Odum⁵⁰ também usa a taxa de 2.400 Kcal por hora de trabalho animal.

Makhijane⁴⁷ usa uma estimativa aproximada de 4.600 Kcal como consumo energético por hora de trabalho animal.

FAO²³ indica um consumo médio de 4.600 Kcal por hora de trabalho animal, em alimentos.

Devido à grande importância na produção agrícola catarinen-

se, os animais de tração serão considerados nas contabilizações dos sistemas. Será adotada a taxa de conversão de 2.400 Kcal, que é o mesmo valor adotado por Heichel e Odum, e aproximado aos valores adotados por Revelle e Pimentel.

Observação: o quadro dos autores está junto com trabalho humano - Quadro 7.

3.10. Homens

A quantidade de trabalho humano investido na agricultura, vem diminuindo progressivamente desde a introdução do uso de animais de tração, até as modernas fazendas onde o trabalho humano quase se restringe ao controle de máquinas.

Com a maquinaria agrícola substituindo o homem, conseguem-se operações mais rápidas, maiores, esforço concentrado e trabalho em condições insalubres. Entretanto a utilização de maquinaria para o trabalho agrícola custa muita energia, e o homem ainda é a fonte mais utilizada para a obtenção de trabalho em grande parte do Brasil.

A consideração do fator trabalho humano como insumo em contabilizações energéticas de agroecossistemas é um tanto contraditória. Pimentel et alii⁵⁸ não consideram o trabalho humano pois "o cálculo do valor apropriado do custo energético do trabalho é dificultado pelos vários meios de se considerar e medir o próprio, sendo que estes se contabilizados deveriam incluir: 1) Energia Mecânica e de calor dispendidas na tarefa particular, 2) Energia de alimentos consumidos pelos trabalhadores, 3) Energia para acessórios de sustentação dos trabalhadores, 4) Energia total para os

trabalhadores e suas famílias como parte da sociedade, incluindo governo e sistema militar". Segundo o autor todos estes fatores deveriam ser considerados, sendo que outro ponto de vista seu diz que o homem consome aproximadamente a mesma quantidade de energia quer trabalhando, quer desempregado. Entretanto, em Santa Catarina, o trabalho humano representa parcela significativa do trabalho total investido na agricultura, e que pode ser realizado alternativamente por máquinas a um custo energético determinável. Optou-se então por considerar a energia do trabalho humano na análise.

Diversos métodos têm sido empregados na contabilização da energia humana que é insumo na produção agrícola.

David Pimentel em diversos trabalhos publicados aborda esta questão efetivando a contabilização. Em 1974, considera o insumo total de alimentos consumidos por um trabalhador (trabalhando 40 horas por semana) como medida, assumindo um consumo semanal de 21.770 Kcal por trabalhador, o que dá uma taxa de 580 Kcal/hora. Em 1979 assume valores para trabalhos específicos na produção agrícola não mecanizada que variam em 300 Kcal/hora para trabalhos leves, 400 Kcal/hora para trabalhos médios, 500 Kcal/hora para trabalhos pesados, 45 Kcal/hora para o sono e 100 Kcal/hora para atividades que não o trabalho.

Pyke em 1970⁶⁰ publicou uma tabela onde estão descritos os requerimentos energéticos para várias atividades, que vão de 19 a 90 Kcal/hora para trabalhos leves, 80 a 200 Kcal/hora para trabalhos moderados, 170 a 700 Kcal/hora para trabalhos pesados e 400 a 1.000 Kcal/hora para trabalhos muito pesados.

Passmore e Durnin⁵⁴, citados por Revelle⁶², estimam a energia gasta no trabalho através da medida do oxigênio consumido ou

dióxido de carbono exalado. Em agriculturas não mecanizadas da Hungria, Rússia, Itália, Alemanha e Gâmbia, homens com média de 65 Kg gastam em média 6,0 Kcal/minuto em variados trabalhos agrícolas, enquanto mulheres com peso médio de 55 Kg gastam a média de 4,7 Kcal/minuto. Como não se trabalha todo o tempo, isto faz com que a média diária ou semanal seja cerca de 70% dos valores atribuídos a atividades específicas. Mesmo assim, o dispêndio energético semanal durante as horas de trabalho, foi cerca de 45% do total consumido em alimentos durante a semana.

Revelle⁶² assume para agricultores indianos o gasto energético de 250 Kcal/hora para homens e 200 Kcal/hora para mulheres.

Leach⁴¹ atribui ao trabalho humano na agricultura, o gasto energético de cerca de 200 Kcal/hora, não considerando com este valor a energia requerida para dar suporte à vida pessoal do agricultor e família.

Heichel³⁶ converte o trabalho humano na agricultura a uma taxa de 175 Kcal/hora.

Odum⁵⁰ analisando um sistema semi-pastoralista, também atribui ao trabalho humano na agricultura um dispêndio energético de 175 Kcal/hora.

Makhijane⁴⁷ calcula o insumo bruto de energia na agricultura por trabalhador, no valor de 870 Kcal/hora.

A FAO²³ supõe que um homem necessita de 250 Kcal de energia alimentar por hora de atividade moderada.

Hart³⁴ converte o salário do trabalhador da Costa Rica em unidades energéticas, dividindo o consumo energético pelo produto interno bruto (PIB) do País, encontrando o valor de 3.130 Kcal/hora.

Christensen¹¹ apresenta uma tabela de consumo energético em Kcal por minuto, para trabalhos que variam de muito leve (2,5 Kcal/minuto) a extremamente pesados (12,5 Kcal/minuto).

Rocha Gomes³⁰ pesquisou o dispêndio energético de trabalhadores em algumas funções da indústria automobilística na cidade de São Paulo. Através da medida do oxigênio consumido, o autor determinou o consumo calórico e custo energético líquido para várias funções de trabalho, obtendo valores que variam entre 5,15 Kcal/minuto para o prático de produção, e 2,44 Kcal/minuto para a costureira, com a média de 3,67 Kcal/minuto. O tempo de repouso durante o período de trabalho é considerado em cerca de 10%, sendo o dispêndio energético para o metabolismo básico em torno de 1.500 Kcal/dia.

QUADRO 7.

Energia dispendida em trabalhos na agricultura - homens e animais segundo vários autores.

AUTORES		Kcal/horas	
Pimentel (1970) —	1 trabalhador	580	
Pimentel (1974) —	trabalhadores {	trabalhos leves	300
		trabalhos moderados	400
		trabalhos pesados	500
		sono	45
		outras atividades	100
	animais —	2000	
Revelle —	homem	250	
	mulher	200	
	animais	2300	
Leach —	trabalhador	200	
Heichel —	trabalhador	175	
	animais	2400	

CONTINUAÇÃO QUADRO 7

AUTORES		Kcal/horas
Odum —	trabalhador	175
	animais	2400
Makhijane —	trabalhador	870
	animais	4600
FAO —	trabalhador	250
	animais	4600
Pyke — trabalhadores	trabalhos leves	19-90
	trabalhos moderados	80-200
	trabalhos pesados	170-700
	trabalhos muito pesados	400-1000
Passmore —	homem	Kcal/min. 6,0
	mulher	4,7
Christensen — trabalhadores	trabalhos muito leves	até 2,5
	trabalhos leves	2,5 - 5,0
	trabalhos moderadamente pesados	5,0 - 7,5
	trabalhos pesados	7,5 - 10,0
	trabalhos muito pesados	10,0 - 12,5
	trabalhos extremamente pesados	+ de 12,5
Rocha Gomes — Indústria	prático de produção	5,5
	média	3,7
	costureira	2,4

Os pesquisadores que optaram por medir o gasto energético médio apenas durante a fase de trabalho, (com exceção dos que mediram os gastos energéticos instantâneos do trabalho) naturalmente obtiveram valores inferiores (de 175 a 300 Kcal/hora) aos obtidos

com a contabilização também das atividades extra laborativas e com as medidas de consumo de alimentos (de 300 a 870 Kcal/hora). Pimentel et alii⁵⁸ em sua última publicação consideram que tal contabilização deveria abranger todo o sistema de sustentação do homem e de sua sociedade (incluindo exército, governo, etc.), optando por não considerar mais tais gastos em seu trabalho.

Em virtude da importância do trabalho humano na produção agrícola catarinense, serão aqui contabilizados os gastos energéticos para este fator, a uma taxa de 500 Kcal/hora. Este valor incorpora atividades extra laborativas sem ser excessivamente abrangente, é equivalente ao trabalho corporal pesado em atividades industriais, e aproximado ao consumo energético em alimentos pelo trabalhador.

São considerados todos os trabalhos em que o homem esteja envolvido diretamente, inclusive operações com trilhadeiras, animais, tratores, etc.

3.11. Maquinaria Agrícola

A introdução do motor à combustão interna representa um grande avanço histórico na agricultura. Com relativo pequeno peso e volume, mas com grande capacidade de realizar trabalho, os tratores e seus implementos capacitam aumentar a produtividade das terras já em uso e ampliar as fronteiras agricultáveis. A agricultura passa a dispor de energia concentrada dos combustíveis e domesticada através da combustão interna.

Nos últimos 50 anos, a rápida tratorização da agricultu-

ra aliada à explosão mais recente do emprego de equipamentos de tecnologia avançada acionados mecanicamente, gerou um aumento substancial no emprego de energia comercial na agricultura, sendo que "atualmente a maquinaria agrícola é o principal usuário da energia comercial total empregada na agricultura mundial" (FAO²⁴).

A maquinaria é hoje quase que indispensável na agricultura sendo que a sua necessidade se reveste de especial importância em três aspectos:

1) A força que o motor pode gerar é capaz de realizar trabalhos que exigem energia concentrada, como o arado profundo, arrancamento de arbustos e raízes, etc., que são realizados com dificuldade por energia humana ou animal.

2) A rapidez com que se pode realizar operações cruciais como o preparo do solo, plantio e colheita, aproveitando corretamente os períodos de chuva e estiagem, geram uma maior produtividade e evita-se pragas ou perdas por fatores climáticos.

3) O terceiro e também importante aspecto é a substituição do trabalho humano onde este é perigoso, gerador de doenças ocupacionais, de fadiga excessiva, ou ainda em situações onde o trabalho humano é escasso.

A intensificação do uso da maquinaria agrícola pode porém se não for racionalizada, alterar a estrutura do solo e sua permeabilidade, compactando-o ou permitindo a erosão e carreamento de partículas, diminuindo assim a fertilidade do mesmo. A energia dispendida no uso intensivo da maquinaria gera em muitas situações um balanço energético negativo, devendo este insumo pela sua importância ser de aplicação criteriosa.

O uso de técnicas tais como o plantio direto, lavra mínima,

operações combinadas de plantio e adubação, podem reduzir o combustível usado no processo tradicional, além de economizar a maquinaria. Um bom planejamento e administração da maquinaria, e uma boa combinação do uso desta com a energia humana e animal pode também resultar em grandes ganhos na redução da energia gasta em forma de trabalho na agricultura.

Diversos autores, alguns mais detalhadamente que outros, trataram da contabilização da energia que é insumo para a fabricação e funcionamento da maquinaria agrícola. São relatadas aqui as abordagens que estes trabalhos realizaram.

Odum⁵⁰ apresenta uma análise aproximada de valores de energia requerida para a produção de grãos em um sistema semi-pastorilista, onde aponta a taxa de conversão para maquinaria em 20.712 Kcal/Kg.

Makhijane⁴⁷ indica que se gasta cerca de 17.500 Kcal para produzir 1 Kg de bens acabados de aço.

A FAO²³ estabelece que para a fabricação de cada Kg de maquinaria agrícola, se necessitam 20.720 Kcal.

Leach⁴¹ trata separadamente tratores e implementos agrícolas. São utilizadas as tabelas insumo-produto do Reino Unido para cálculo de energia investida em materiais (depreciação e reposição de partes), e o valor da entalpia acrescido de valor referente à eficiência das transformações industriais para os combustíveis, óleos e graxas. Os insumos referentes à manufatura, depreciados linearmente na vida útil, são tomados a 47.800 Kcal para cada libra que o fazendeiro paga (£-1968) assumindo este mesmo valor para reposição de partes, esta com maior incerteza.

Leach contabiliza a energia dos tratores por ainda duas aborda-

gens diferentes: A primeira aponta os insumos energéticos para uma hora típica de uso de trator (UK - 1968) em Kcal/hora.

Exemplo: Insumos energéticos para uma hora típica de uso de trator, UK 1968. Valores em Kcal

Potência	50 HP	65 HP	90 HP
Depreciação	6.600	8.220	17.820
Manutenção	3.540	4.350	9.550
Combustível	32.940	39.950	69.680
Óleo e Graxas	2.060	2.340	2.630
TOTAL	45.140	54.860	99.680

Uma segunda abordagem estima os insumos referentes a tratores, somando-se os gastos energéticos para cada operação de campo necessária à cultura, nas quais os tratores têm taxas de trabalho, consumos de combustível, depreciação, etc, diferenciadas.

Leach⁴¹ estima os gastos energéticos em implementos agrícolas para depreciação e manutenção anual, a uma taxa de 47.800 Kcal por libra dispendida (£ - 1968). Os dados são válidos para grandes e bem administradas fazendas, estando certamente subestimados para fazendas típicas. Para ferramentas simples tais como enxadas e machados, é assumida uma conversão de 21.510 Kcal por Kg do equipamento.

Doering¹⁶ calcula a energia dispendida em maquinaria (sem os combustíveis) separadamente em três categorias:

1) A energia contida nos materiais que compõem a maquinaria, aço, pneus, fibra de vidro, alumínio, etc., calculados com base em valores médios da indústria, valores de referência standards

ou de uso geral. Não se considera a reciclagem de materiais, sendo que tratamentos tipo forja e estampagem são considerados como energia de fabricação.

2) A energia utilizada no ponto de manufatura que dá forma aos materiais e fabrica as maquinarias. Os dados foram coletados em uma grande firma de fabricação de equipamentos agrícolas, desenhando-se um envoltório em torno das instalações que fabricaram o item da maquinaria, e contabilizada então a energia dispendida no processo.

3) A energia contida no material e na fabricação dos equipamentos de manutenção que seriam aplicados à maquinaria agrícola em sua vida útil. São calculadas apenas as partes materiais envolvidas.

As energias contidas e de manufatura são então ajustadas à vida útil do equipamento (0,82% da vida total), acrescidas da reposição de partes e finalmente depreciadas linearmente até zero sobre sua vida útil.

Os tratamentos dos custos energéticos referentes à maquinaria agrícola com indícios de maior precisão foram os realizados por Leach e por Doering.

As taxas de conversão utilizadas por Leach geram valores em média superiores aos demais, com razoável discretização dos custos envolvidos, principalmente quando tomados em base da carga de trabalho que o equipamento funciona para cada operação específica. Entretanto estas taxas foram obtidas com base na matriz insumo-produto do Reino Unido, que segundo o próprio autor tem alto índice de agregação.

O trabalho de Doering por outro lado, faz uma análise de processo também com razoável precisão baseando-se em contabiliza-

ções físicas, com a vantagem de não se envolver com questões financeiras que têm grandes oscilações e podem falsear esta contabilidade energética.

Neste trabalho serão adotadas as taxas de Doering, considerando-se que existe paridade tecnológica, em relação a estes equipamentos entre Brasil e EUA, por serem parte dos fabricantes nacionais subsidiárias de empresas norte-americanas ou lá comprarem tecnologia.

Será adotado um consumo médio de óleo diesel por tratores em 4,5 litros por hora de funcionamento. Óleos e Graxas são considerados como manutenção (dados obtidos junto a CIDASC/Secretaria de Agricultura do Estado de Santa Catarina).

Foram determinados neste capítulo os custos energéticos envolvidos, tanto de forma direta quanto indireta, na obtenção de bens ou serviços componentes dos sistemas agrícolas catarinense.

Utilizando-se da metodologia descrita no capítulo anterior e dos custos aqui definidos, serão então tratadas no próximo capítulo da seleção e análise energética dos principais agroecossistemas do Estado.

CAPÍTULO IV

APLICAÇÃO DA ANÁLISE ENERGÉTICA DE AGROECOSSISTEMAS EM SANTA CATARINA

4.1. Introdução

Nos capítulos dois e três foram definidas as principais bases para a análise energética de agroecossistemas. Foi apresentada a estrutura teórica de sustentação e suas referências bibliográficas, foi estabelecido um método apropriado a este tipo de análise, e foram definidos os custos energéticos envolvidos na obtenção dos principais fatores físicos da produção agrícola.

Neste capítulo será aplicado então o instrumental desenvolvido, realizando a análise energética de sete agroecossistemas em uso no Estado de Santa Catarina. Estes foram selecionados em função de sua importância na economia, por serem diversificados em seus sistemas produtivos e por se dispor de dados quantitativos e qualitativos sobre suas produções. Os sistemas a serem analisados são: Milho solteiro (dois sistemas com níveis tecnológicos diferentes), Feijão solteiro, Feijão consorciado com Milho, Soja solteira, Soja consorciada com Milho e Arroz irrigado.

Os dados de base atendem integralmente às recomendações fei-

tas por EMPASC/EMATER/ACARESC. (Caso o produtor siga estas recomendações, obtém seguramente as produções indicadas.

4.2. Sistemas de Produção de Milho

4.2.1. Caracterização Geral

"A cultura do milho em Santa Catarina participa com aproximadamente 15% do valor bruto da produção dos principais produtos agropecuários. As regiões mais representativas dessa cultura são as microrregiões homogêneas Colonial Oeste e Colonial do Rio do Peixe, que somam 80% da produção colhida. Nessas regiões predominam os pequenos produtores que plantam milho para utilizá-lo na alimentação de aves e suínos, cultivando-o, em grande parte, em consorciação com soja ou feijão"²¹. As recomendações técnicas, EMPASC/EMATER/ACARESC, dos sistemas de produção foram direcionadas para regiões com aptidão para o cultivo de milho.

4.2.2. Sistema de Produção de Milho nº 1

a) Identificação do Sistema

"Este sistema destina-se aos produtores que utilizam máquinas e equipamentos necessários à execução das práticas culturais, que possuem áreas com até 20% de declive e que justificam o uso racional da motomecanização e da correção da acidez e da fertilidade do solo de acordo com as recomendações técnicas.

O rendimento médio previsto, com a utilização das práticas preconizadas para este sistema, é de 5.000 quilogramas por hectare"²¹.

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema são:

b.1) Desmatamento e Destocamento

Prática utilizada apenas para a incorporação de novas terras ao sistema produtivo. Será considerado em todos os sistemas analisados nesta dissertação que terreno já está desmatado e destocado.

b.2) Análise do Solo

Atividade considerada como não envolvendo custos energéticos.

b.3) Combate às Formigas Cortadeiras

Praga número um das lavouras, o controle das formigas cortadeiras deve ser feito sistematicamente como operação rotineira do agricultor, através de formicidas.

b.4) Conservação do Solo

São atividades, principalmente, de ordenamento da Topografia do solo para conservação do mesmo, visando evitar a erosão e carreamento de partículas. A prática mais indicada é a construção de terraços em nível ou gradiente, com respectivos canais de escoamento. A interação destas práticas mecânicas com outras complementares tais como a redução da movimentação do solo, cultivo de

cordões de vegetação permanente, aplicar cobertura morta e adubação verde, torna a conservação do solo mais eficiente. Neste sistema está indicado o uso de trator para práticas de conservação do solo.

b.5) Correção de Acidez^e(ou) Fertilidade

Consiste no uso de calcário para a correção de acidez e no emprego de esterco de aves ou fertilizantes fosfatados e potássicos para a correção da fertilidade, de acordo com a análise do solo. A incorporação destes elementos é realizada através de lavrações e gradagens.

b.6) Preparo do Solo

Consiste em uma lavração profunda em nível, seguida de uma ou duas gradagens.

b.7) Semeadura e Adubação de Manutenção

É indicado o uso de semeadeira-adubadeira acoplada ao trator. A adubação de base é realizada na semeadura e a adubação de cobertura é aplicada manualmente e incorporada através de equipamento tracionado por animal. As cultivares indicadas tem o ciclo aproximado de 150 dias.

b.8) Tratos Culturais

Neste sistema é indicado o controle de plantas daninhas através do uso conjugado de herbicidas e cultivador mecânico. É indicado também o uso de inseticidas.

b.9) Colheita e Trilha

Como a demora na colheita do milho não envolve geralmente

grandes perdas, as indicações são que a colheita pode ser realizada alternativamente por colheitadeira automatizada ou manualmente. A trilha deve ser realizada por trilhadeira estacionária.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

Os coeficientes técnicos do sistema dados em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema, estão relacionadas na Tabela 4.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 3.

e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 4.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 5.000 Kg de milho. Para a obtenção deste produto o sistema recebe em média 2.728.855.231 Kcal de radiação solar, no intervalo de 150 dias.

As recomendações técnicas para este sistema indicam o uso alternativo, de esterco de aves (cama) ou adubação química para fertilização do solo e uso de colheitadeira automatizada ou colheita manual, obtendo-se sempre o mesmo produto. Os custos energéticos culturais dos quatro sistemas são:

A. Adubo orgânico e colheita manual: 2.747.904 Kcal

B. Adubo orgânico e colheitadeira: 3.463.428 Kcal

C. Adubo químico e colheita manual: 3.277.051 Kcal

Tabela 4 - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho nº 1.

Especificação	Unidade	Quantidade	Kcal Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes	Kg	18,0	7.613	137.034
Superfosfato triplo	Kg	54,0	3.040	164.160
Calcáreo	Ton	1,0	400.000	400.000
Adubo de base (9-35-12)	Kg	250,0	2.805	701.250
Esterco de aves-cama	Ton	3,0	57.128	171.384
Adubo de cobertura-uréia	Kg	100,0	6.917	691.170
Herbicidas	Kg	4	41.540	166.186
Inseticidas	Kg	1,5	74.245	111.367
Formicidas	Kg	1,0	46.270	46.270
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.Tr.	1,0	5.190	5.190
Aração	h/eq.Tr.	3,0	5.190	15.570
Gradagem	h/eq.Tr.	1,5	5.190	7.785
Aplicação do calcáreo	h/eq.Tr.	0,3	5.994	1.798
Incorporação do calcáreo	h/eq.Tr.	0,9	5.190	4.671
Aplicação do adubo corretivo ou	h/eq.Tr.	0,2	5.994	1.199
Distribuição de esterco	h/eq.Tr.	0,5	3.836	1.918
Semeadura e adubação	h/eq.Tr.	1,5	6.994	8.991
* Tratos culturais				
Aplicação de herbicidas	h/eq.Tr.	1,0	2.356	2.356
Aplicação de inseticidas	h/eq.Tr.	1,0	2.356	2.356
Aplicação de formicidas	h/H	5,0	500	2.500

Aplicação de adubo de cobertura	h/H	10,0	500	5.000
Incorporação de adubo de cobertura	h/eq.Tr.	5,0	1.038	5.190
Cultivo mecânico motorizado	h/eq.Tr.	1,0	5.190	5.190
* Colheita e transporte				
Colheita mecânica ou	h/colh.	4	187.131	748.524
Colheita manual	h/H	70	500	35.000
Trilha	h/Trilha	4	5.165	20.660
Transporte interno	h/eq.Tr.	2	2.472	4.944
* Trabalho				
Animais	h/A	5	2.400	12.000
Homens com				
animais	h/H	5	500	2.500
tratores	h/H	12,5	500	6.250
trilhadeira	h/H	4,0	500	2.000
colheitadeira	h/H	4,0	500	2.000
Tratores	h/Tr.	12,5	49.944	624.300

* Total Kcal com:

- adubo orgânico e $\left\{ \begin{array}{l} \text{colheita manual} = 2.747.904 \\ \text{colheita mecânica} = 3.463.428 \end{array} \right.$

- adubo químico e $\left\{ \begin{array}{l} \text{colheita manual} = 3.277.051 \\ \text{colheita mecânica} = 3.992.575 \end{array} \right.$

* Rendimento médio previsto = 5.000 Kg de milho

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.²¹

Obs.: Em todas as tabelas de coeficientes técnicos e energéticos são utilizadas as seguintes abreviaturas e significados:

Abreviaturas

Significados

h/eq.Tr.

Hora de uso de equipamento tracionado por trator

h/eq.A.	Hora de uso de equipamento tracionado por animal
h/H	Hora de trabalho humano
h/A	Hora de trabalho animal
h/Tr.	Hora de trabalho de trator
h/Trilha	Hora de trabalho de trilhadeira
h/Colh.	Hora de trabalho de colheitadeira.

Diagrama 3 - Modelo Quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho nº 1

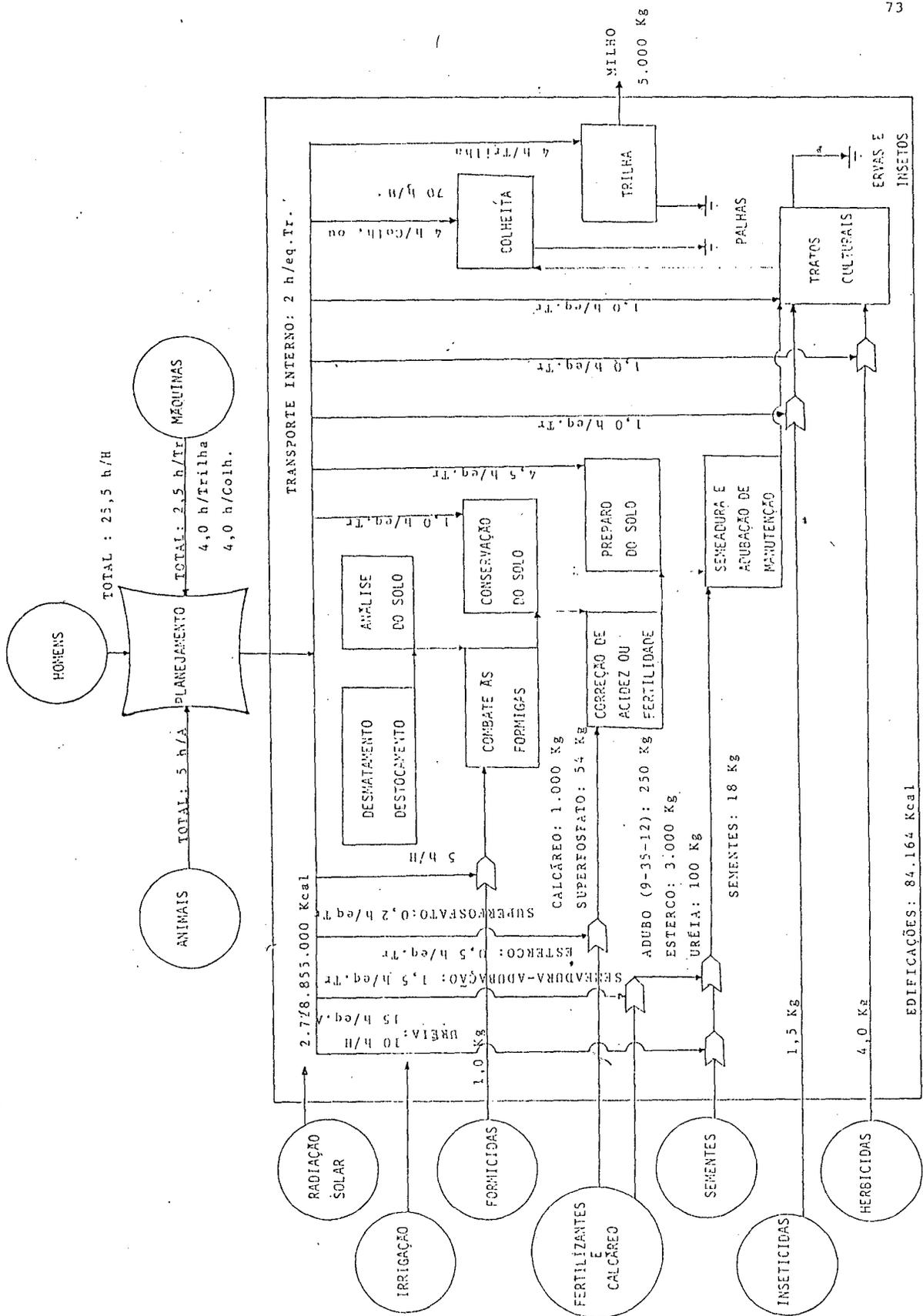
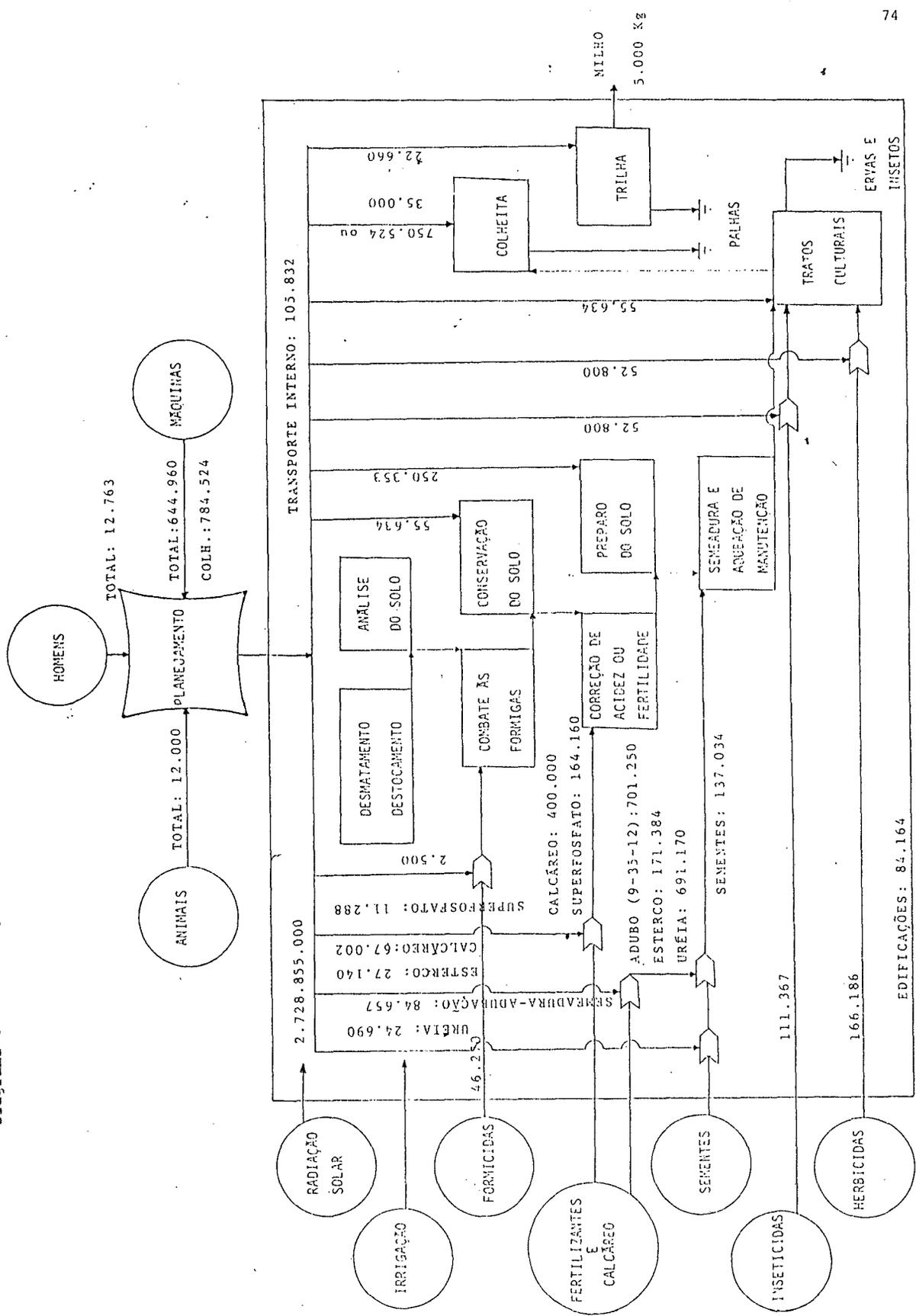


Diagrama 4 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho nº 1, em KCal



D. Adubo químico e colheitadeira: 3.992.572 Kcal

Devido ao baixo custo energético do adubo orgânico, 7,22% do total no sistema A e 5,73% no sistema B, esta alternativa reduz sensivelmente os custos totais da produção de milho. Entretanto, como foi ressaltado no capítulo anterior, as disponibilidades deste adubo não são suficientes para que todos os utilizassem como único fertilizante.

O uso exclusivo de adubos químicos faz com que o custo energético do sistema C, seja 1,190 vezes o custo do sistema A, e o custo do sistema D, seja 1,153 vezes o do sistema B. A maior parcela dos custos dos adubos químicos refere-se aos nitrogenados, situando-se em torno de 23% dos custos energéticos totais. Nota-se ainda os altos custos do calcário que variam de 11,70% do total no sistema D a 16,99% no sistema A.

No aspecto referente a colheita, quando esta é realizada manualmente seu custo energético é bastante reduzido, correspondendo a 1,27% do total no sistema A e 1,07% no sistema C, sendo que este item sobe com o uso da colheitadeira para 21,67% no sistema B e 18,80% no sistema D. O acréscimo gerado pela introdução da colheitadeira, faz com que o custo energético total do sistema B seja 1,260 vezes o do sistema A, e o do sistema D seja 1,220 vezes o do sistema C. O item maquinaria, salta de 23,47% do custo total do sistema A para 41,27% no sistema B, e de 19,68% no sistema D para 35,80% no sistema D.

A maior diferença nos custos energéticos fica entre o sistema A e D, com o total de 1.244.671 Kcal, devidos à introdução de adubos químicos e colheitadeira.

Outro setor que se sobressai é o de defensivos, que corres-

ponde respectivamente em A = 15,72%, B = 12,47%, C = 13,18% e D = 10,81% dos custos energéticos totais.

Os índices de produtividade energética obtida nos sistemas são:

$$PC_A^* = \frac{5.000 \text{ Kg}}{2.747,904 \text{ Mcal}} = 1,820 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PC_B = \frac{5.000 \text{ Kg}}{3.463,428 \text{ Mcal}} = 1,444 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PC_C = \frac{5.000 \text{ Kg}}{3.277,051 \text{ Mcal}} = 1,526 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PC_D = \frac{5.000 \text{ Kg}}{3.992,575 \text{ Mcal}} = 1,253 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE^{**} = \frac{5.000 \text{ Kg}}{2.728,855 + 3.992,572 \text{ Mcal}} = 1,830 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

Os índices de produtividade cultural indicam que para cada Mcal investida nos sistemas, se obtêm 1,820 Kg de milho no sistema A, 1,444 Kg no sistema B, 1,526 Kg no sistema C e 1,253 Kg no sistema D. A maior diferença é entre o sistema A e D como 0,567 Kg.

Quando se considera a incidência solar, o nível de significância das diferenças entre os totais de energia cultural é muito reduzido, sendo considerado apenas um índice de produtividade ecológica, de $1,830 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$.

4.2.3. Sistema de Produção de Milho nº 2

a) Identificação do Sistema

"Destina-se a produtores que trabalham basicamente em regi-

*PC = Produtividade Cultural.

**PE = Produtividade Ecológica.

me familiar, em áreas com até 35% de declividade e que usam implementos de tração animal.

O rendimento previsto é de 6.000 quilogramas por hectare²¹.

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema se diferem das operações do sistema de produção de milho nº 1 nos seguintes pontos:

b.1) O Trabalho utilizado é prioritariamente oriundo da força animal e humana.

b.2) Os equipamentos são adaptados à tração animal e trabalho humano.

b.3) A semeadura é feita manualmente ou a tração animal.

b.4) Para o controle das plantas daninhas é preconizado a utilização do cultivador mecânico associado à limpeza manual com enxada.

b.5) A colheita é realizada manualmente.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dada em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema, estão relacionadas na Tabela 5.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticos.

Vide Diagrama 5.

Tabela 5. - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho nº 2.

Especificação	Unidade	Quantidade	Kcal Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes	Kg	18,0	7.613	137.034
Superfosfato triplo	Kg	54,0	3.040	164.160
Calcáreo	Ton	1,0	400.000	400.000
Adubo de base (9-33-12) ou	Kg	250,0	2.737	648.250
Esterco de aves-cama	Ton	3,0	57.128	171.384
Adubo de cobertura-uréia	Kg	100,0	6.917	691.170
Inseticidas	Kg	1,5	74.245	111.367
Fomicidas	Kg	1,0	46.270	46.270
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.A	10	519	5.190
Aração	h/eq.A	45	519	5.570
Riscagem-sulcamento	h/eq.A	10	519	5.190
Aplicação do calcáreo	h/eq.H	4	599	2.396
Incorporação do calcáreo	h/eq.A	5	599	2.995
Aplicação do adubo corretivo	h/eq.H	10	599	5.990
Distribuição de esterco	h/eq.Tr.	0,5	3.836	1.918
Semeadura e adubação	h/eq.A	15	599	8.985
* Tratos culturais				
Aplicação de inseticidas	h/eq.H	10	235	2.350
Aplicação de fomicidas	h/H	5	500	2.500
Aplicação de adubo de cobertura	h/eq.H	15	599	8.985
Capinas	h/eq.H	20	300	6.000

Cultivo mecânico animal	h/eq.A	10	519	5.190
* Colheita e transporte				
Colheita manual	h/H	80	500	40.000
Transporte interno	h/eq.A	20	247	4.940
* Trabalho				
Animais		115	2.400	276.000
Homens com				
animais		115	500	57.500
tratores		0,5	500	250
equipamentos manuais		59	500	29.500
Tratores	h/Tr.	0,5	49.944	24.972

* Total Kcal com	$\left\{ \begin{array}{l} \text{adubo orgânico} = 2.296.781 \\ \text{adubo químico} = 2.813.945 \end{array} \right.$
------------------	--

* Rendimento médio previsto = 6.000 Kg de milho.

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.²¹

Diagrama 5 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho nº 2

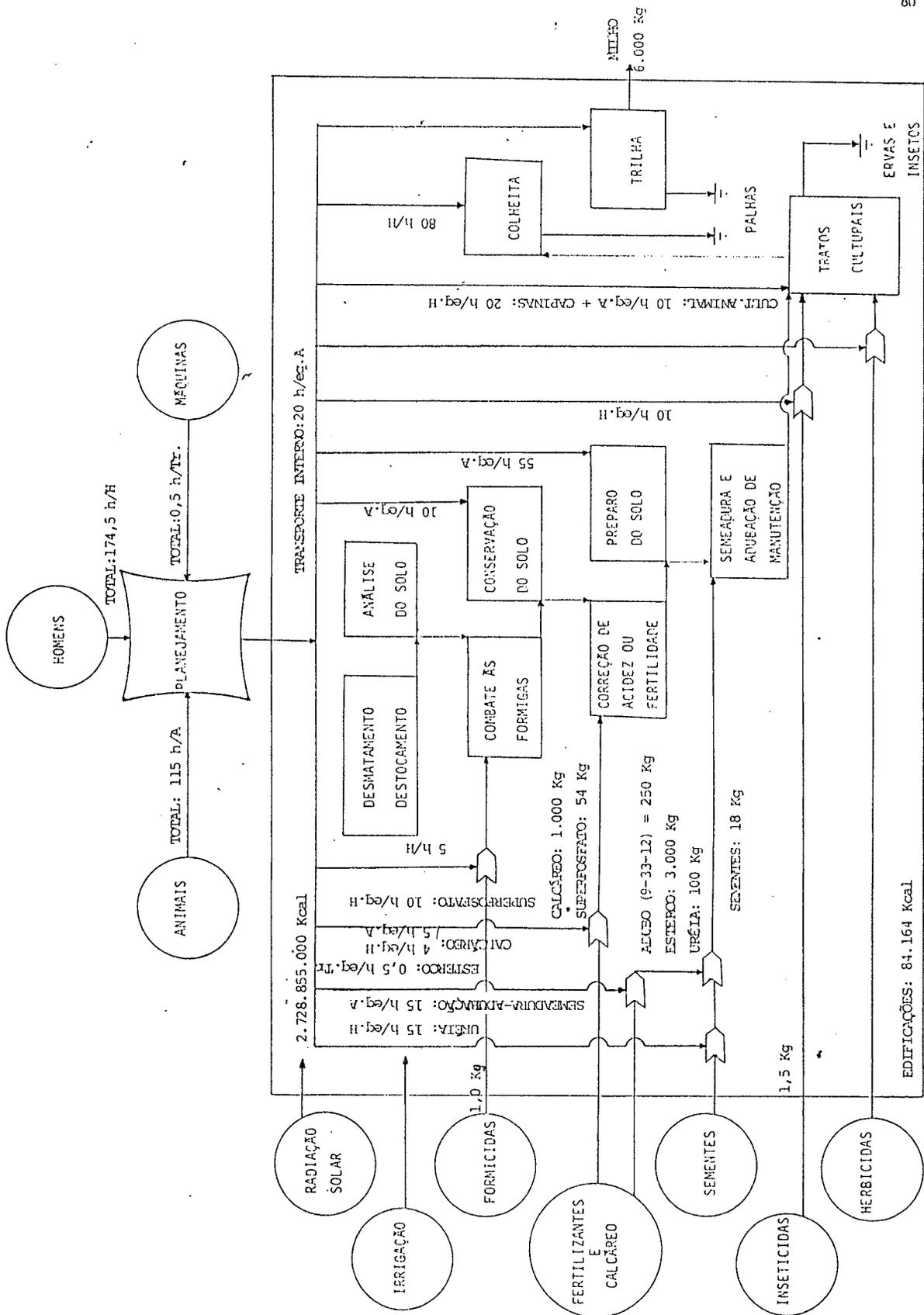
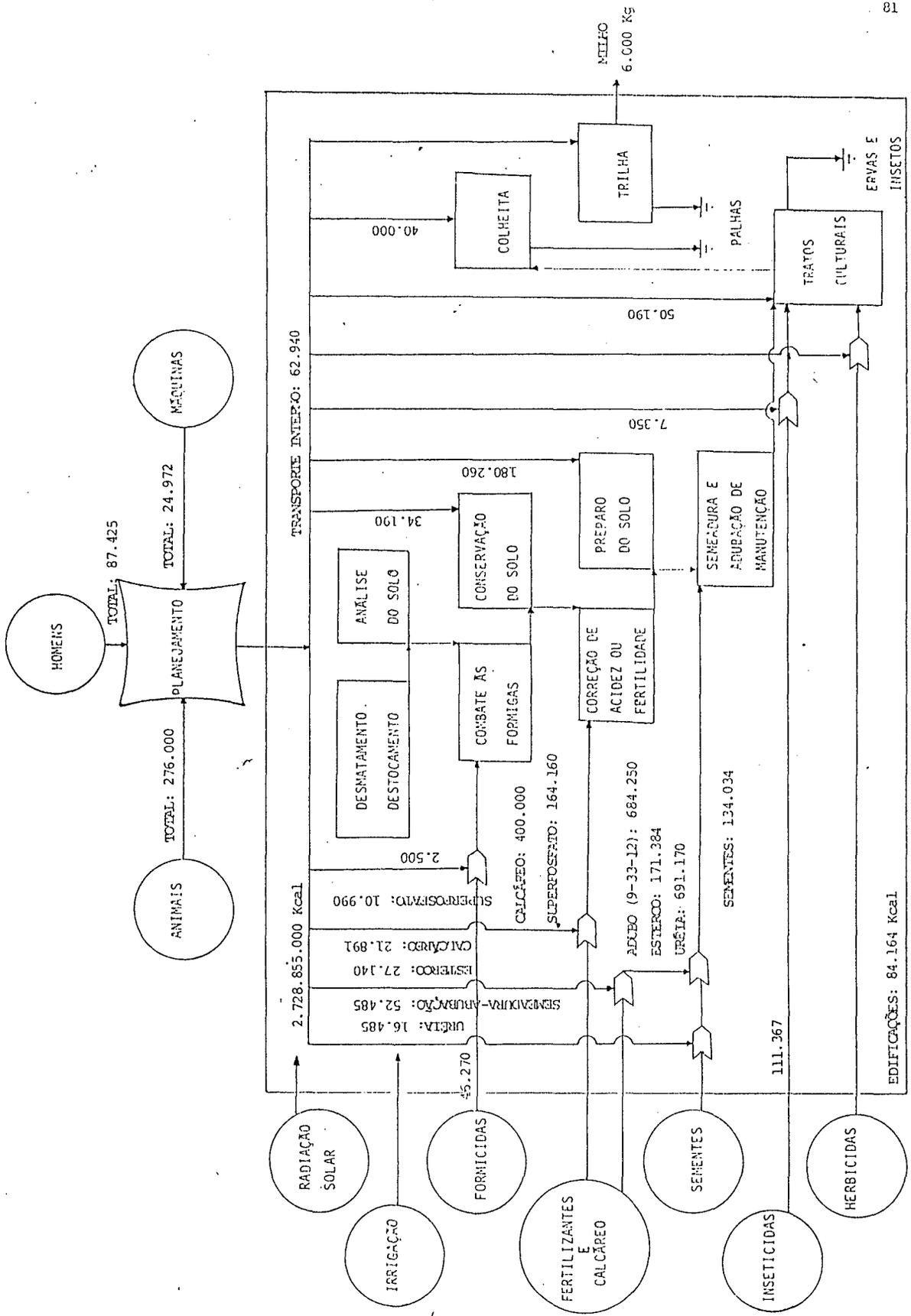


Diagrama 6 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho nº 2 - Kcal



e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Vide Diagrama 6.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 6.000 Kg de milho, recebendo a média de 2.728.855.000 Kcal de radiação solar em 150 dias.

As recomendações do uso alternativo de esterco de aves (cama) ou adubo químico, geram os seguintes totais de entradas energéticas culturais:

A. Com adubo orgânico: 2.296.781 Kcal

B. Com adubo químico: 2.813.945 Kcal

O sistema tem os custos referentes ao trabalho relativamente reduzidos, quando comparados aos sistemas de tração motorizada, correspondendo o trabalho humano e animal a 15,8% do total.

Os custos energéticos referentes ao calcário aqui se sobressaem, com 18,4% do total na alternativa A e 12,9% em B. A maior parcela entretanto é relativa a fertilizantes químicos, com especial destaque dos nitrogenados, sendo que apenas a uréia corresponde a 30,8% do total em A e 25,1% em B, e o fertilizante (9-33-12) corresponde a 26,18% dos custos de B.

Os índices de produtividade energética obtidos neste sistema são:

$$PC_A = \frac{6.000 \text{ Kg}}{2.296,781 \text{ Mcal}} = 2,612 \frac{\text{kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PC_B = \frac{6.000 \text{ Kg}}{2.813,945 \text{ Mcal}} = 2,132 \frac{\text{kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE = \frac{6.000 \text{ Kg}}{2.728.855 + 2.813,945 \text{ Mcal}} = 2,199 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{Mcal}}$$

Os índices de produtividade cultural indicam que se obtêm 2,612 Kg de milho em A e 2,132 Kg de milho em B, por cada Mcal cultural investida no sistema. A produtividade cultural das duas alternativas é a mesma, pois a diferença na energia cultural investida é muito pequena quando comparada à energia solar, tendo significância apenas a 10^{-7} Kg/Mcal.

4.3. Sistemas de Produção de Feijão

4.3.1. Caracterização Geral

O Estado de Santa Catarina se destaca entre os demais estados da federação por ocupar o 4º lugar na produção nacional de feijão, segundo dados da Síntese Informativa da Agricultura Catarinense 1980/81.⁰⁹

A cultura de feijão é realizada em Santa Catarina em duas épocas: a primeira que se realiza no período das águas (primavera), chamada de safra, representa cerca de 60 a 70% da área anual plantada com feijão, e a segunda, realizada no verão e chamada de safrinha, representa 30 a 40% da área anual plantada.

Esta cultura, além de fazer parte da dieta básica de grande parte da população rural é fonte de renda para estas famílias. O feijão é cultivado em todo o Estado, mas concentra-se nas regiões Oeste, Planalto de Canoinhas e Campos de Curitibanos.

4.3.2. Sistema de Produção "Feijão Solteiro"

a) Identificação do Sistema

"Este sistema destina-se aos agricultores que cultivam feijão solteiro no Estado de Santa Catarina, e que possuem interesse e conhecimento para adotar a tecnologia recomendada. Utilizam basicamente moto-mecanização e/ou tração animal.

A área média cultivada é de 2 a 3 hectares, e o regime de exploração normalmente familiar, sendo a grande maioria proprietários.

O rendimento previsto é de 1.800 Kg na safra e 1.200 Kg por hectare na safrinha".¹⁹

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema são:

b.1) Análise do Solo

Atividade considerada como não envolvendo custos energéticos.

b.2) Conservação do Solo

São práticas tais como: semeadura em nível, construção de terraços e patamares, construção de canais de escoamento, etc.

b.3) Correção de Acidez ou Fertilidade

Envolve a aplicação de calcário e adubos fosfatados ou potássicos, em quantidades calculadas em função da análise do solo. A incorporação é feita através de gradagem.

b.4) Preparo do Solo

Consiste em uma lavração seguida de uma ou duas gradagens.

b.5) Semeadura e Adubação

Prática realizada através de semeadeira-adubadeira ou a lanço. As quantidades de N, P_2O_5 e K_2O são definidas pela análise do solo, sendo que a adubação de cobertura (uréia) deve ser realizada duas semanas após a emergência. As cultivares indicadas tem o ciclo aproximado de 105 dias.

b.6) Tratos Culturais

Trata-se do controle de ervas daninhas através de capinas e herbicidas, e o controle de pragas ou doenças através de defensivos agrícolas.

b.7) Colheita e Trilha

O sistema indica o uso de colheita manual, que é feita quando o tempo estiver bom e as vagens secas. O produto sofrerá então uma trilha para separação entre grãos e palhas.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dadas em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema estão relacionadas na Tabela 6.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 7.

Tabela 6 - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de feijão solteiro.

Especificação	Unidade	Quantidade	Kcal Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes	Kg	45	9.807	441.315
Hiperfosfato	Kg	50,0	3.040	234.200
Calcáreo	Ton	1,6	400.000	640.000
Adubo de base (5-20-10)	Kg	200	1.653	330.600
Adubo de cobertura-uréia	Kg	50	6.917	345.850
Herbicidas	Kg	2	83.093	166.186
Inseticidas (carbaryl)	Kg	20	5.568	111.360
Fungicidas (Maneb)	Kg	4	3.673	14.692
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.Tr.	20	300	6.000
Aração	h/eq.A	30	519	15.570
Gradagem	h/eq.A	10	519	5.190
Riscagem-sulcamento	h/eq.A	5	519	2.595
Aplicação do calcáreo	h/eq.A	15	599	8.985
Incorporação do calcáreo	h/eq.A	40	519	20.760
Aplicação do adubo corretivo	h/eq.H	5	599	2.995
Aplicação de adubo de base	h/eq.A	10	599	5.990
* Tratos culturais				
Aplicação de herbicidas	h/eq.Tr.	1,5	2.356	3.534
Aplicação de inseticidas	h/eq.H	40	235	9.400
Aplicação de adubo de cobertura	h/eq.H	10	599	5.990
Incorporação de adubo de cobertura	h/eq.A	10	519	5.190

* Colheita e transporte

Colheita manual	h/H	80	500	90.000
Trilha	h/Trilha	3	5.165	15.495
	h/H	10	500	5.000
Transporte interno	h/eq.A	5	247	1.235

* Trabalho

Animais	h/A	125	2.400	300.000
Homens com				
animais	h/H	125	500	62.500
tratores	h/H	1,5	500	750
trilhadeira	h/H	3	500	1.500
equipamentos manuais	h/H	75	500	37.500
Tratores	h/Tr.	1,5	49.944	74.916

* Total Kcal = 2.999.462

* Rendimento médio previsto = $\left\{ \begin{array}{l} 1.800 \text{ Kg de feijão, na safra} \\ 1.200 \text{ Kg de feijão, na safrinha.} \end{array} \right.$

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.¹⁹

Diagrama 7 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de "feijão solteiro"

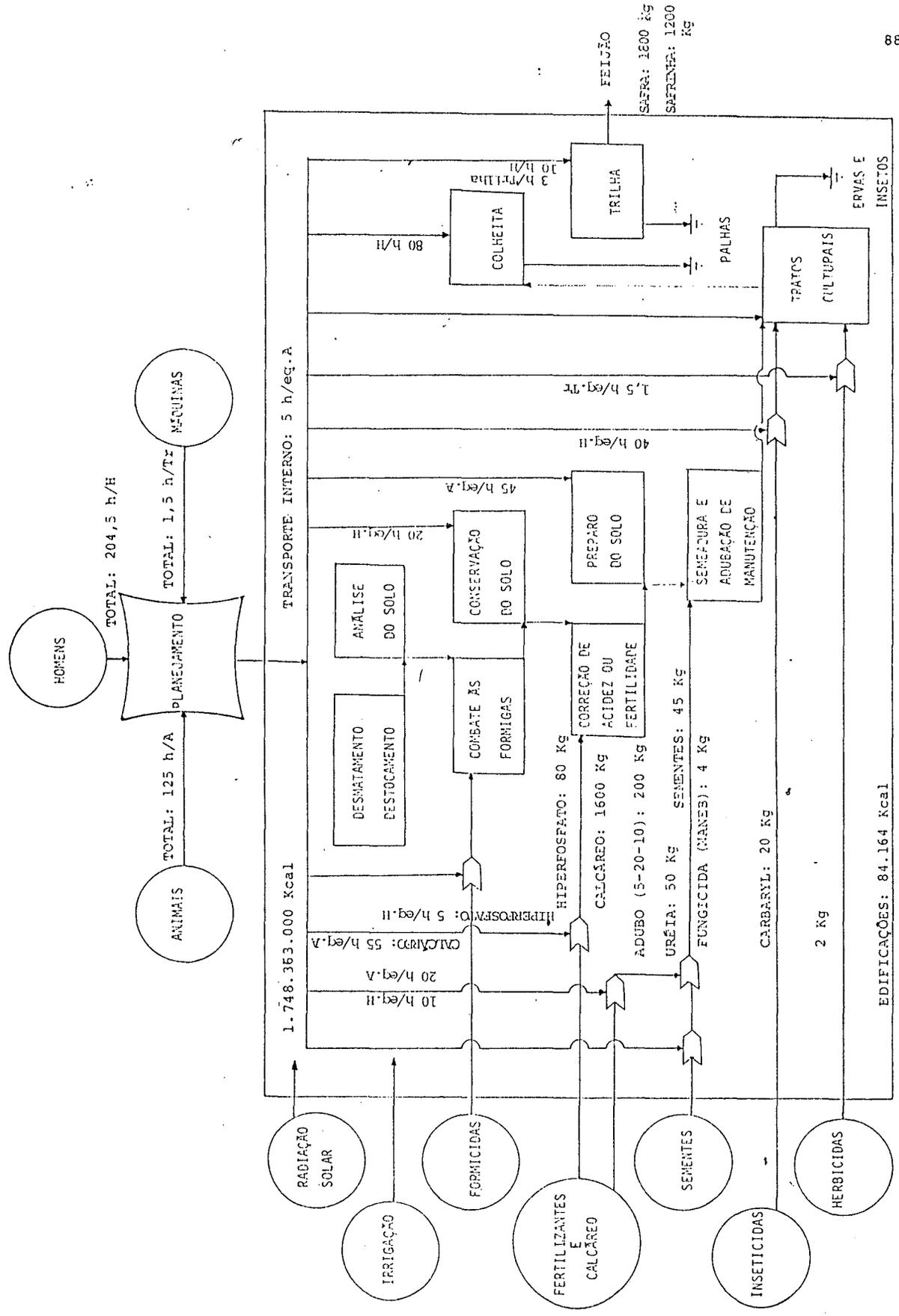
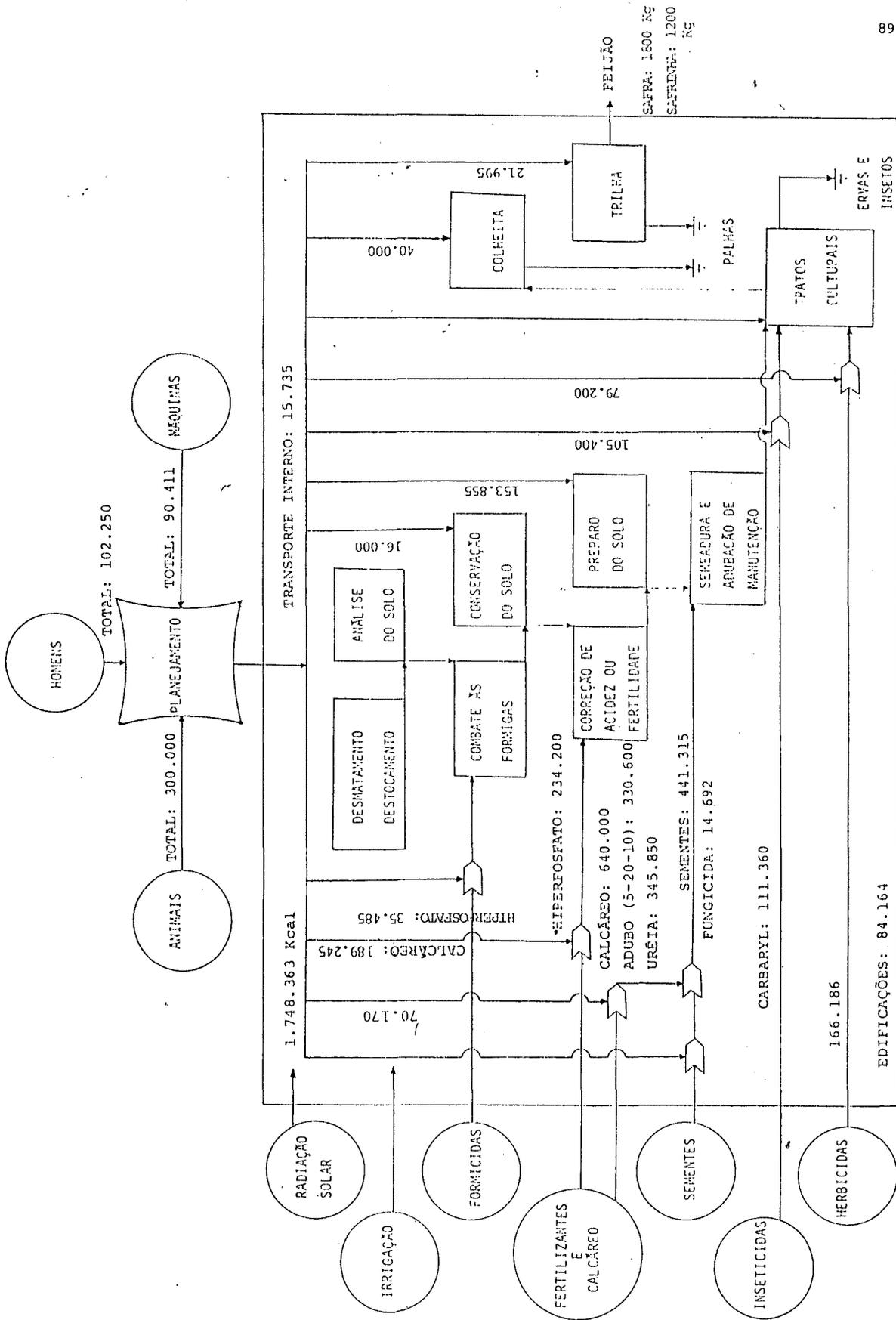


Diagrama 8 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de "feijão soiteiro", Kcal



e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 8.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 1.800 Kg de feijão na safra e 1.200 Kg na safrinha. Para a obtenção deste produto o sistema recebe em média 1.748.363.000 Kcal de radiação solar e 2.999,462 Mcal oriundas de entradas culturais.

O sistema tem então os seguintes índices de produtividade:

$$PC(\text{safra}) = \frac{1.800 \text{ Kg}}{2.999,462 \text{ Mcal}} = 0,6 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PC(\text{safrinha}) = \frac{1.200 \text{ Kg}}{2.999,462 \text{ Mcal}} = 0,4 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE(\text{safra}) = \frac{1.200 \text{ Kg}}{(1.748.363 + 2.999,462) \text{ Mcal}} = 1,028 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE(\text{safrinha}) = \frac{1.200 \text{ Kg}}{(1.748.363 + 2.999,462) \text{ Mcal}} = 0,685 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

Os índices de produtividade cultural indicam que na safra se obtém 0,6 Kg de feijão para cada Mcal cultural investida, e na safrinha se obtém apenas 0,4 Kg por cada Mcal. Os índices de produtividade ecológica indicam que para cada Mcal da energia total (cultural + solar), se obtém $1,028 \times 10^{-3}$ Kg de feijão na safra e $0,685 \times 10^{-3}$ Kg na safrinha.

Os setores de custos energéticos mais expressivos são os relacionados à semeadura com 14,7% do total, defensivos com 15,9%, correção da acidez com 27,6% e fertilização com 33,9% do total da energia cultural consumida pelo sistema. Estes custos referem-se

aos insumos, acrescidos de trabalho para suas aplicações.

O sistema está fortemente assentado no trabalho animal e humano, fatores que geram custos energéticos relativamente baixos quando comparados aos custos que envolvem a tração mecanizada. A evidente economia de energia com o uso de trabalho animal e humana faz com que, por outro lado, aumentem os riscos de perdas por mau tempo na colheita (que demanda 80 h/H), ou por ataque de pragas enquanto o feijão não é colhido. Há incertezas ainda na disponibilidade de mão de obra para realização das operações em suas devidas épocas. Os custos energéticos relativos ao trabalho humano e animal correspondem a 13,4% da energia cultural total gasta no sistema.

4.3.3. Sistema de Produção de Milho Consorciado com Feijão

a) Identificação do Sistema

"O consórcio milho e feijão é utilizado com o objetivo de aumentar a renda familiar, trazendo maior segurança ao produtor, e proporcionando um melhor aproveitamento da área agricultável da propriedade.

São produtores que adotam baixa tecnologia, possuem acesso ao crédito rural, apresentam baixa capacidade de pagamento, mas no entanto são acessíveis às inovações tecnológicas.

O rendimento previsto para o cultivo de primavera (setembro) é de 4.800 Kg de milho e 900 Kg de feijão por hectare. Para o plantio de verão, o rendimento previsto é de 720 Kg de feijão por hectare"¹⁹.

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema combinam práticas do sistema de produção de milho nº 2, com as do sistema de produção de "feijão solteiro". Utiliza-se prioritariamente o trabalho humano e animal para aplicação de insumos e cuidados apropriados à combinação das duas culturas.

As operações de análise do solo, conservação do solo, correção de acidez e fertilidade, e preparo do solo são as mesmas indicadas pelos dois sistemas citados, variando pouco as quantidades.

As principais operações que particularizam este sistema são:

b.1) A adubação de base do milho pode ser feita a lanço ou em linha por ocasião da semeadura, em quantidades que variam dependendo da análise do solo e da densidade de semeadura.

b.2) A adubação de base do feijão dependerá da adubação de base do milho. Se esta for a lanço, não será necessário a adubação de base do feijão, se for em linha, recomenda-se a metade da dose usada no feijão solteiro.

b.3) A adubação de cobertura é feita separadamente para o milho (cerca de 40 dias após a semeadura) e para o feijão (cerca de duas semanas após emergência). É indicado a aplicação manual.

b.4) A semeadura deverá ser simultânea do feijão e do milho.

b.5) Os tratamentos culturais devem ser feitos através de capinas manuais e somente usar inseticidas em caso de extrema necessidade.

b.6) A colheita é feita manualmente para ambas culturas.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dadas em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema estão relacionadas na Tabela 7.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 9.

e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 10.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio na primavera de 4.800 Kg de milho e 900 Kg de feijão, e no verão de 4.800 Kg de milho e 720 Kg de feijão. Considerando apenas o plantio de primavera que é feito das duas culturas simultaneamente, o sistema recebe em média 2.728.855.000 Kcal de radiação solar em 150 dias. As entradas culturais do sistema totalizam 3.324.125 Kcal.

Devido ao fato do sistema produzir duas saídas diferentes, não serão utilizados os índices de produtividade energética para análise deste sistema.

Este sistema apresenta baixo consumo de energia cultural na maioria dos fatores envolvidos. A excessão é a fertilização e correção de acidez do solo que sozinhos correspondem a 2.408.310 Kcal, o que dá 72,44% dos custos totais. O maior destaque é para a uréia com 31,87% do total, seguida de adubo de base (9-33-12) com 25,03% e calcáreo com 10,90%.

Tabela 7. - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho consorciado com feijão.

Especificação	Unidade	Quantidade	<u>Kcal</u> Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes de milho	Kg	18,0	7.613	137.034
Sementes de feijão	Kg	25,0	9.807	245.175
Superfosfato triplo	Kg	50,0	3.040	152.000
Calcáreo	Ton	0,8	400.000	320.000
Adubo de base (9-33-12)	Kg	300,0	2.737	821.100
Adubo de cobertura-uréia	Kg	150	6.917	1.037.550
Inseticidas (carbaryl)	Kg	15	5.568	83.526
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.A	5	519	2.595
Aração	h/eq.A	30	519	15.570
Gradagem	h/eq.A	5	519	2.595
Riscagem-sulcamento	h/eq.A	10	519	5.190
Aplicação do calcáreo	h/eq.H	20	599	11.980
Incorporação do calcáreo	h/eq.A	6	519	3.114
Aplicação do adubo corretivo	h/eq.H	2,0	599	1.196
Aplicação do adubo de base	h/eq.H	10,0	599	5.990
Semeadura do milho	h/eq.H	15,0	599	8.985
Semeadura do feijão	h/eq.H	15,0	599	8.985
* Tratos culturais				
Aplicação de inseticidas	h/eq.H	5,0	235	1.175
Aplicação de uréia	h/eq.H	20,0	599	11.980
Capinas	h/eq.H	100,0	300	30.000

Desbaste do milho	h/H	10,0	500	5.000
Dobra do milho	h/H	10,0	500	5.000
* Colheita e transporte				
Colheita manual do milho	h/H	80	500	40.000
Colheita manual do feijão	h/H	40	500	20.000
Trilha do milho	h/Trilha	4	5.165	20.660
Trilha do feijão	h/Trilha	1	5.165	5.165
* Trabalho				
Animais	h/A	56	2.400	134.400
Homens com				
animais	h/H	56	500	28.000
trilhadeira	h/H	5	500	2.500
equipamentos manuais	h/H	167	500	83.500

* Total Kcal = 3.324.125

* Rendimento médio previsto:

$$\begin{aligned}
 - \text{primavera} &= \left\{ \begin{array}{l} 4.800 \text{ Kg de milho} \\ 900 \text{ Kg de feijão} \end{array} \right. \\
 - \text{verão} &= \left\{ \begin{array}{l} 4.800 \text{ Kg de milho} \\ 720 \text{ Kg de feijão} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.¹⁹

Diagrama 9 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho consorciado com feijão

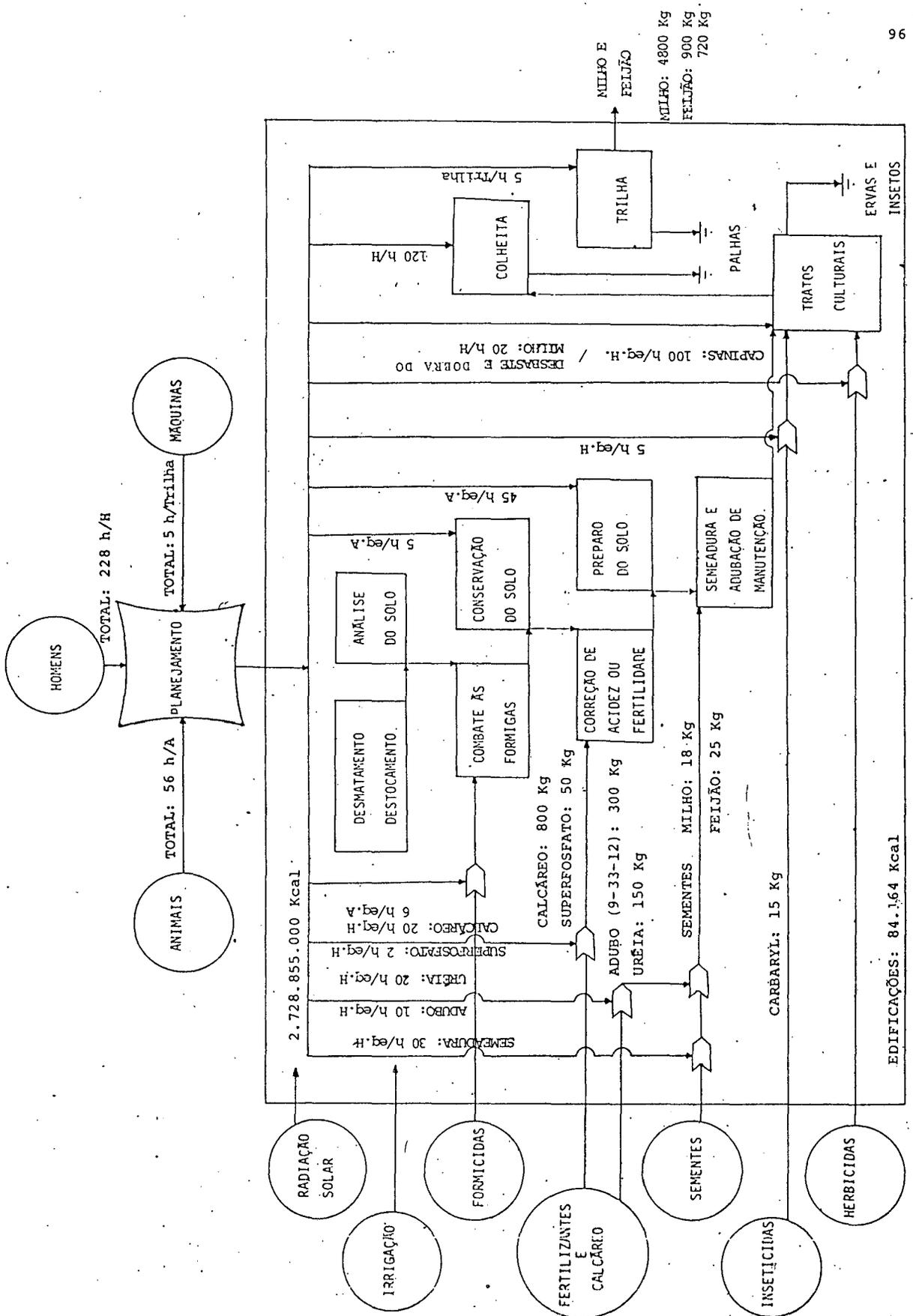
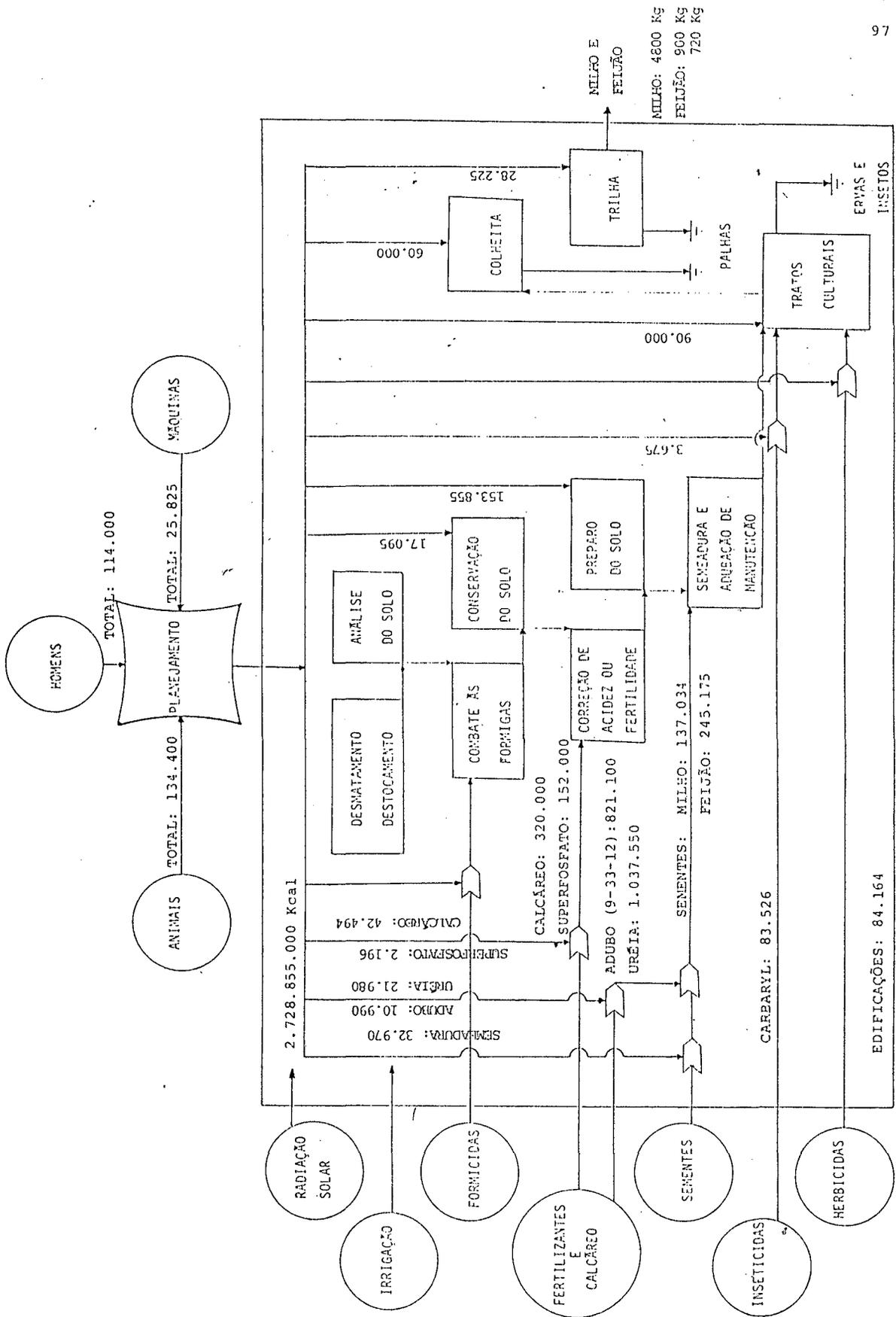


Diagrama 10 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho consorciado com feijão, Kcal



Outro fator que se sobressai é a semeadura com 12,50% do total. Os defensivos são de porcentagem bastante reduzida (2,62%), pois a intercalação de faixas de culturas evita a disseminação de pragas.

A indicação do uso de trabalho humano e animal, é mais um fator de redução de gastos em energia cultural, correspondendo a porcentagem de 7,47% nos gastos totais.

4.4. Sistemas de Produção de Soja

4.4.1. Caracterização Geral

"Em 1981 a soja manteve a terceira colocação no volume colhido entre os produtos da lavoura catarinense, perdendo apenas para o milho e a mandioca. Ainda em 1981 Santa Catarina participou com 4,2% da produção nacional através da colheita de 648 mil toneladas, permanecendo como o quinto estado brasileiro produtor de soja.

Em Santa Catarina a cultura é desenvolvida tanto nas pequenas como nas médias e grandes propriedades, sendo que nas propriedades minifundiárias o cultivo é feito geralmente consorciado com milho"²².

4.4.2. Sistema de Produção de Soja nº 1

a) Identificação do Sistema

"Este sistema se destina a agricultores que cultivam a so-

ja exclusiva (monocultura) e que normalmente empregam um bom nível de tecnologia; a maioria utiliza moto-mecanização e emprega tração animal apenas nas áreas de topografia muito acidentada.

O rendimento de grãos previsto é de 2.000 Kg/ha e a produção obtida é na sua totalidade, comercializada"²².

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema são:

b.1) Análise do Solo

Atividade considerada como não envolvendo custos energéticos.

b.2) Conservação do Solo

São atividades em que se utiliza, principalmente, práticas mecânicas de ordenamento da topografia do solo para a conservação do mesmo, evitando-se a erosão e correamento de partículas. Recomenda-se a construção de terraços em nível ou gradiente, com respectivos canais para escoamento da água. Recomenda-se ainda práticas complementares tais como: reduzir a movimentação do solo, cultivar cordões de vegetação permanente, aplicar cobertura morta e adubação verde.

Neste sistema está indicado o uso de trator para práticas de conservação do solo.

b.3) Correção de Acidez ou Fertilidade

Envolve a aplicação de calcáreo para correção da acidez e é indicado o uso de superfosfato triplo e cloreto de potássio para correção da fertilidade, em quantidades de acordo com a análise do solo. A incorporação destes elementos é realizada através de

gradagens ou, se a quantidade dos fertilizantes for pequena, este pode ser aplicado juntamente com a adubação de manutenção.

b.4) Preparo do Solo

Consiste em uma aração seguida de uma ou duas gradagens, utilizando-se a tração de trator.

b.5) Semeadura e Adubação de Manutenção

Prática realizada através de semeadeira-adubadeira tracionada por trator. As sementes devem ser tratadas com o inoculante, sendo as quantidades de P_2O_5 e K_2O definidas pela análise do solo. As cultivares indicadas tem o ciclo aproximado de 145 dias.

b.6) Tratos Culturais

O sistema indica o uso de herbicidas combinados com cultivo mecânico motorizado para o controle de plantas daninhas. É indicado também um controle integrado de pragas, combinando-se métodos biológicos com o controle químico, e o uso de iscas de formicidas para combate às formigas cortadeiras.

b.7) Colheita e Trilha

A colheita deverá ser realizada quando os grãos estiverem com cerca de 14% de humidade, pois acima deste percentual haverá dificuldades na trilha e abaixo pode haver debulha antes e durante a colheita. É preconizado o uso de colheitadeira automotriz.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dadas em unidades físicas, bem como

suas conversões a unidades energéticas e as saídas do sistema, estão relacionadas na Tabela 8.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 11.

e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 12.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 2.000 Kg de soja. Para a obtenção deste produto o sistema recebe em média 2.534.649.000 Kcal de radiação solar em 145 dias, e 2.560.319 Kcal oriundas de entradas culturais.

O sistema tem então os seguintes índices de produtividade energética:

$$PC = \frac{2.000 \text{ Kg}}{2.560,319 \text{ Mcal}} = 0,781 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE = \frac{2.000 \text{ Kg}}{(2.634.649 + 2.582,594) \text{ Mcal}} = 0,758 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

O índice de produtividade cultural indica que para cada Mcal investida no sistema, se obtém 0,781 Kg de soja. O índice de produtividade ecológica indica que se obtém $0,758 \times 10^{-3}$ Kg de soja para cada Mcal da energia total (cultural + solar) investida no sistema.

Os setores mais expressivos dos custos energéticos são os relacionados a defensivos com 12,99% do total, semente com 12,71%,

Tabela 8 - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de soja nº 1.

Especificação	Unidade	Quantidade	<u>Kcal</u> Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes	Kg	80	4.069	325.520
Superfosfato triplo	Kg	54	3.040	164.160
Cloreto de potássio	Kg	26	2.268	58.968
Calcáreo	Ton	1,6	400.000	640.000
Adubo de manutenção (0-30-15)	Kg	200	1.355	271.000
Herbicidas	Kg	2,5	41.540	103.865
Inseticidas	Kg	1,0	74.245	74.245
Formicidas	Kg	1,0	46.270	46.270
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.Tr.	1,0	5.190	5.190
Aração	h/eq.Tr.	3,0	5.190	15.570
Gradagem	h/eq.Tr.	1,5	5.190	7.785
Aplicação do calcáreo	h/eq.Tr.	0,3	5.994	1.798
Incorporação do calcáreo	h/eq.Tr.	0,9	5.190	4.671
Aplicação do adubo corretivo	h/eq.Tr.	0,2	5.994	1.198
Semeadura e adubação	h/eq.Tr.	1,0	5.994	5.994
* Tratos culturais				
Aplicação de herbicidas	h/eq.Tr.	1,0	2.356	2.356
Aplicação de inseticidas	h/eq.Tr.	1,0	2.356	2.356
Aplicação de formicidas	h/H	5	500	2.500
Cultivo mecânico motorizado	h/eq.Tr.	1	5.190	5.190

Colheita mecânica	h/colh.	1,0	187.181	187.181
* Trabalho				
Homens com				
tratores	h/H	10,9	500	5.450
colheitadeira	h/H	1,0	500	500
tratores	h/Tr.	10,9	49.944	544.390

* Total Kcal = 2.582.594

* Rendimento médio previsto = 2.000 Kg de soja

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.²²

Diagrama 11 - Modelp quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de soja nº 1.

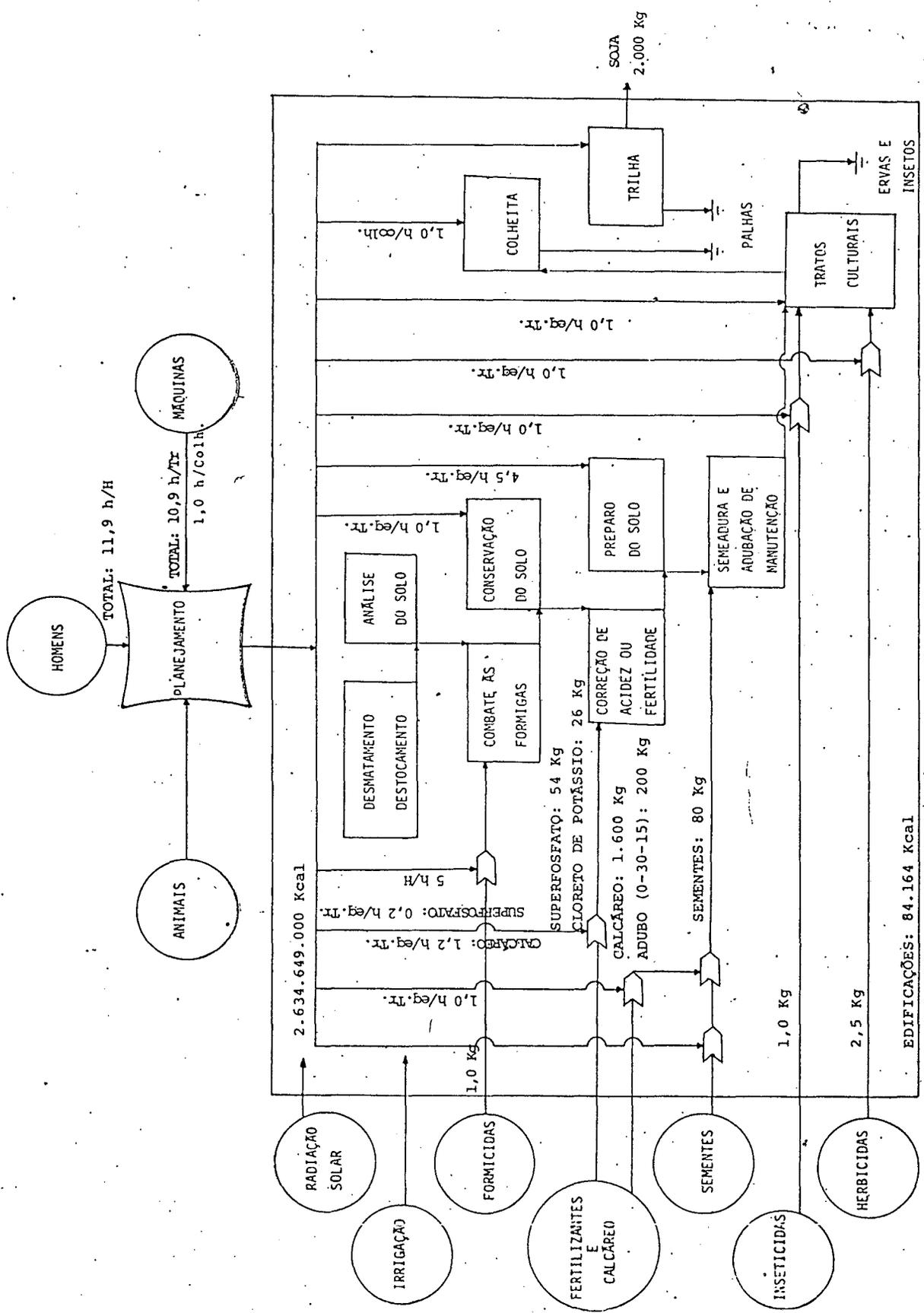
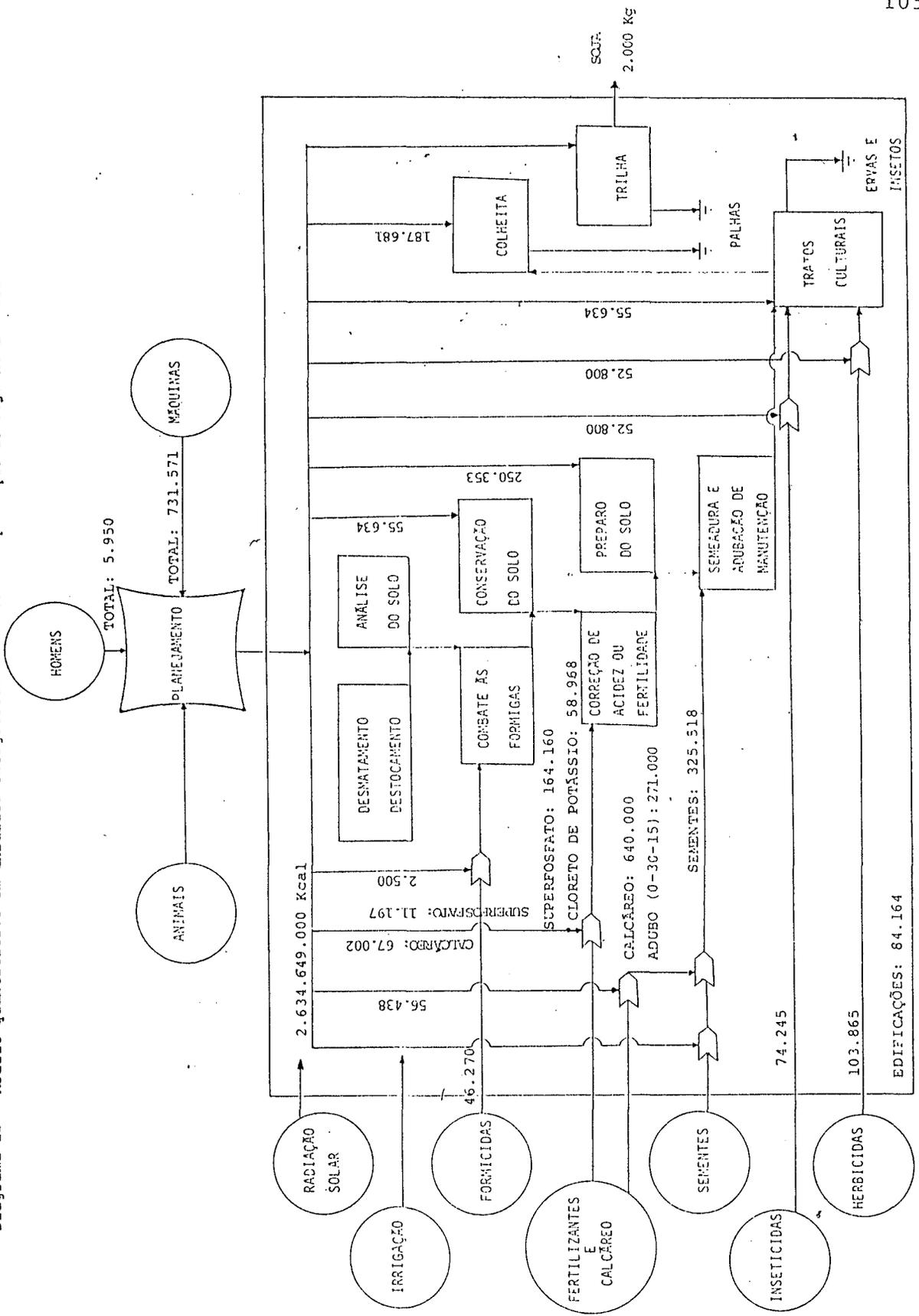


Diagrama 12 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de soja nº 1 - Kcal



adubação de base com 12,79% e correção da acidez com 27,61% do total da energia cultural consumida pelo sistema, Nestes porcentagens estão incluídos os insumos e o trabalho para suas aplicações.

A adubação neste sistema de produção não requer o uso de fertilizantes nitrogenados, o que deriva uma grande economia de energia, pois estes são os fatores geradores das maiores parcelas no custo energético total dos fertilizantes.

As recomendações do sistema são para o uso de tração motorizada, fator que aumenta sobremaneira os custos energéticos, correspondendo apenas este item a 28,57% do total. As indicações do uso de colheitadeira automotriz tem um peso forte no item maquinaria, pois corresponde a 7,33% da energia cultural consumida pelo sistema, trabalho que é realizado em apenas uma hora.

4.4.3. Sistema de Produção de Milho Consorciado com Soja

a) Identificação do Sistema

"Destina-se aos produtores da região Oeste, Vale do Rio do Peixe e Planalto do Estado, que trabalham em regime familiar, em solos que permitem a mecanização a tração animal.

O equipamento disponível é simples e rudimentar: arado do tipo tatu, fuçador, grade de discos ou dentes, cultivador a tração animal, plantadeira manual ou a tração animal, pulverizador e polvilhadeira costais e trilhadeira.

O rendimento previsto é de 5.400 Kg/ha de milho e 900 Kg/ha de soja, se usadas as práticas recomendadas para este sistema"²².

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema combinam práticas do sistema de produção de milho nº 2 com as do sistema de produção de soja nº 1. Diferentemente do sistema da soja nº 1, este sistema utiliza o trabalho humano e animal em lugar da tração motorizada, e há uma combinação no aproveitamento das práticas e insumos particulares dos dois sistemas.

As operações de análise do solo, conservação do solo, correção da acidez e fertilidade do solo são as mesmas indicadas pelos dois sistemas citados, variando pouco as quantidades.

As principais operações que particularizam este sistema são:

b.1) O preparo do solo consiste em uma lavração, seguida de uma gradagem e feitura de sulcos conforme o espaçamento entre linhas.

b.2) A adubação de manutenção é realizada com adubos e processos específicos para cada cultura, durante as semeaduras. O adubo de cobertura deverá ser incorporado após a aplicação.

b.3) A soja deve ser semeada 45 a 50 dias após o milho.

b.4) Os tratos culturais devem ser feitos através de cultivo mecânico animal, limpeza manual com enxada e utilizando formicidas e inseticidas.

b.5) O milho deve ser dobrado logo que as espigas apresentam a cor amarelo-palha, para favorecer o desenvolvimento da soja. Ambas as colheitas são manuais.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dadas em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema estão relacionadas na Tabela 9.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 13.

e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 14.

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 5.400 Kg de milho e 900 Kg de soja, recebendo a incidência de radiação solar média de 2.634.649.000 Kcal em 180 dias. As entradas culturais do sistema totalizam 3.477.250 Kcal.

Devido ao fato do sistema produzir duas saídas diferentes, não serão utilizados os índices de produtividade energética para análise deste sistema.

Os maiores gastos energéticos envolvidos neste sistema são os relativos a correção da acidez e fertilização do solo, com o total de 2.167.395 Kcal, correspondendo a 62,33% do total. Os itens de maior peso no custo total são; adubos (9-33-12 e 0-33-15) com 25,79%, uréia com 20,03% e calcáreo com 11,72% do total.

Os defensivos tem participação relativamente reduzida nos custos totais, com 10,82%, assim como a semeadura com 8,54%.

O uso do trabalho humano e animal corresponde a 14,64% dos

Tabela 9 - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de milho consorciado com soja.

Especificação	Unidade	Quantidade	Kcal Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes de milho	Kg	15	7.613	114.195
Sementes de soja	Kg	26	4.069	105.794
Superfosfato triplo	Kg	54	3.040	164.160
Calcáreo	Ton	1,0	400.000	400.000
Adubo de cobertura-uréia	Kg	100	6.917	691.170
Adubo de manutenção (9-33-12)	Kg	250	2.737	684.250
Adubo de manutenção (0-30-15)	Kg	100	1.355	135.500
Inseticidas	Kg	3	74.245	222.735
Fomicidas	Kg	3	46.270	138.810
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Manutenção de terraços	h/eq.A	10	519	5.190
Aração	h/eq.A	35	519	18.165
Gradagem	h/eq.A	10	519	5.190
Riscagem-sulcamento	h/eq.A	15	519	7.785
Aplicação do calcáreo	h/eq.H	7	599	4.193
Aplicação do adubo corretivo	h/eq.H	2,0	599	1.196
Semeadura e adubação (milho)	h/eq.H	35,0	599	20.965
Semeadura e adubação (soja)	h/eq.H	35,0	599	20.965
* Tratos culturais				
Aplicação de inseticidas	h/eq.H	20,0	235	4.700
Aplicação de adubo de cobertura	h/eq.H	5,0	599	2.995

Capinas	h/eq.H	40,0	300	12.000
Desbaste do milho	h/H	10,0	500	5.000
Cultivo mecânico animal	h/eq.A	40,0	519	20.760
Dobra do milho	h/H	30,0	500	15.000
* Colheita e transporte				
Colheita manual (milho)	h/H	60,0	500	30.000
Colheita manual (soja)	h/H	40,0	500	20.000
Trilha (milho)	h/Trilha	3,5	5.165	18.077
Trilha (soja)	h/Trilha	1,0	5.165	5.165
Transporte interno (milho)	h/eq.A	25,0	247	6.175
Transporte interno (soja)	h/eq.A	15,0	247	3.705
* Trabalho				
Animais	h/A	150,0	2.400	360.000
Homens com				
animais	h/H	150,0	500	75.000
trilhadeira	h/H	4,5	500	2.250
equipamentos manuais	h/H	194,0	500	72.000

* Total Kcal = 3.492.095

* Rendimento médio previsto = 5.400 Kg de milho
900 Kg de soja

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC. ²²

Diagrama 13 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de milho consorciado com soja

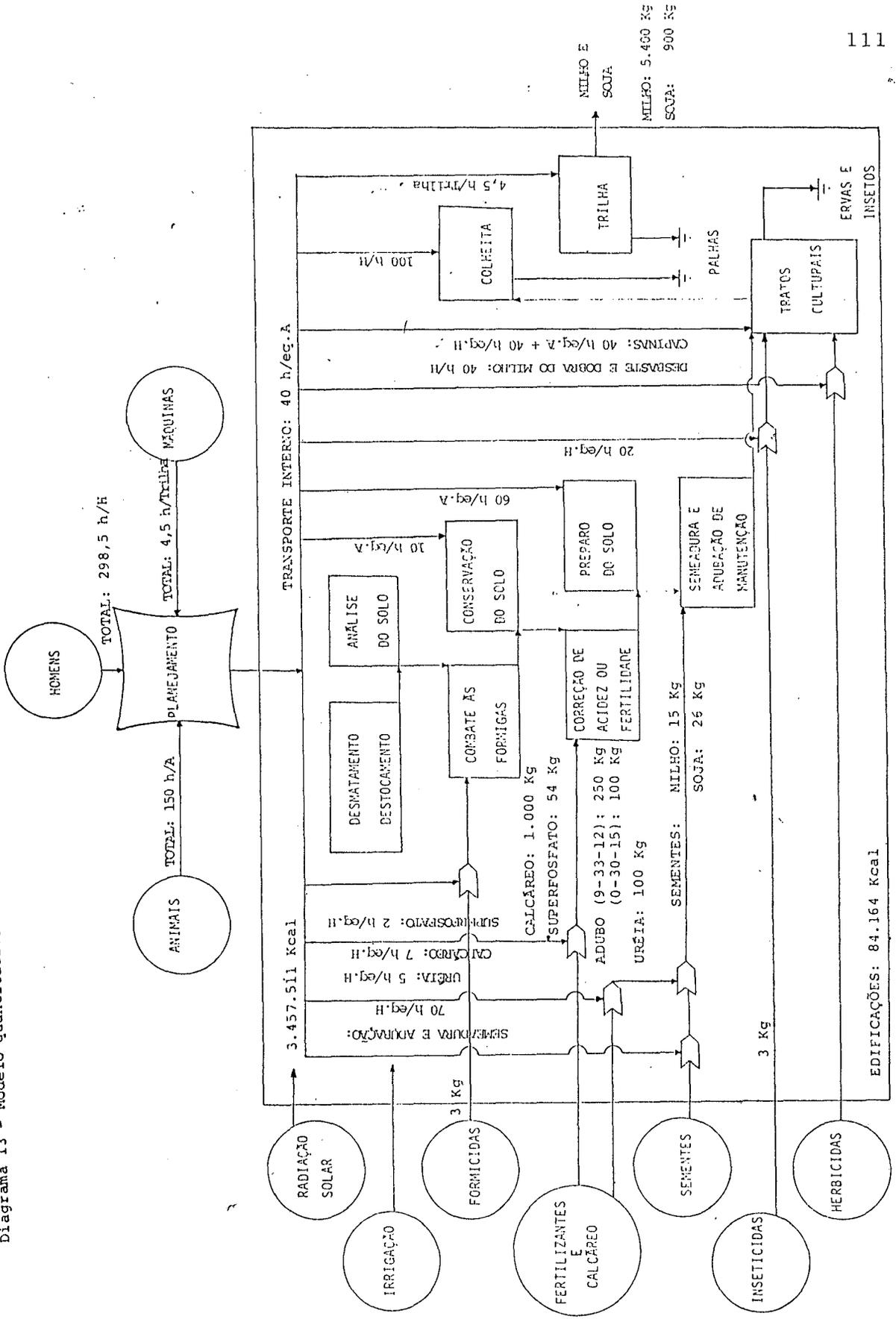
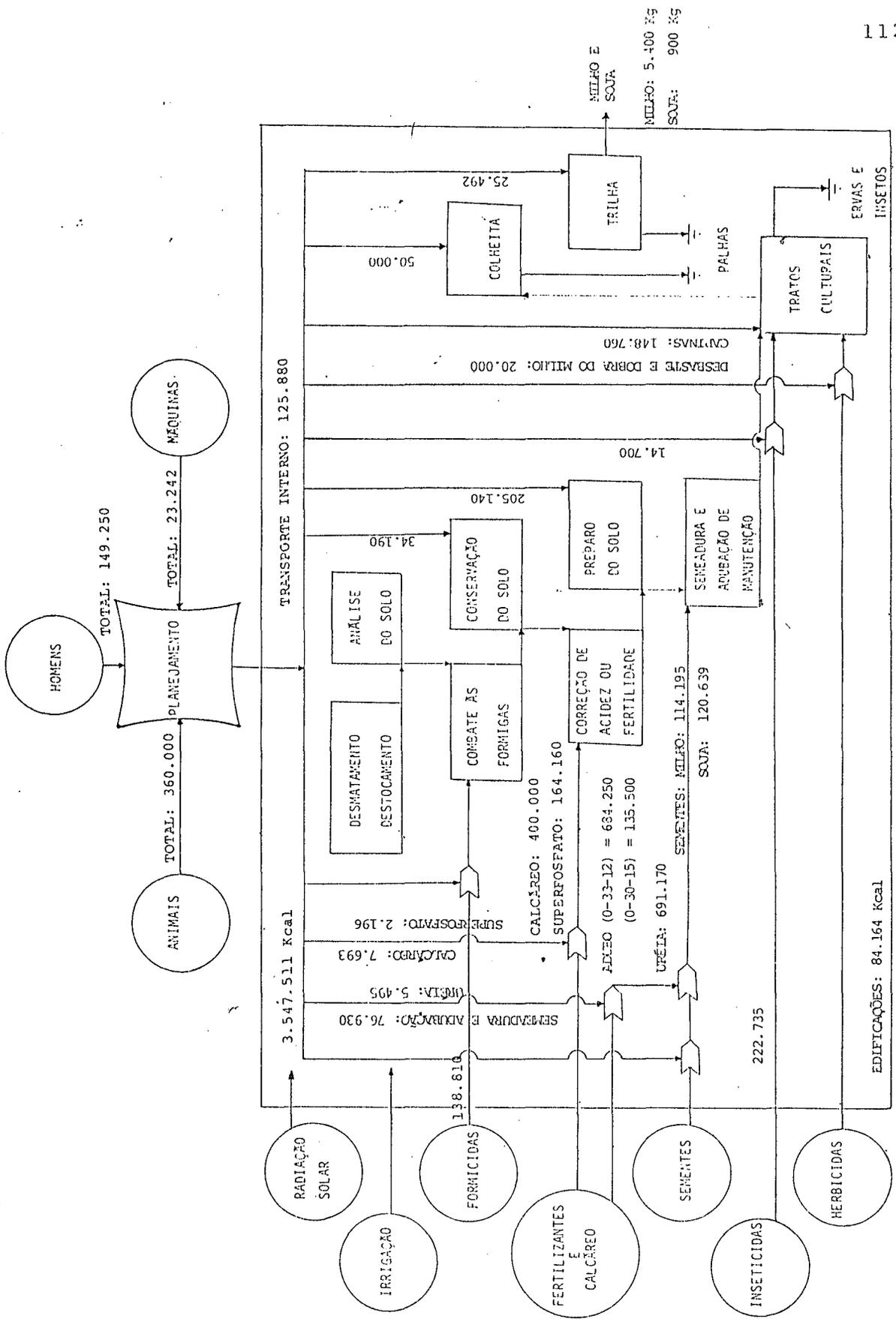


Diagrama 14 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de milho consorciado com soja - Kcal



custos energéticos totais.

4.5. Sistemas de Produção de Arroz

4.5.1. Caracterização Geral

"O Estado de Santa Catarina, notadamente a região litorânea, é tradicional produtor de arroz, sendo o produto conhecido nos mercados de São Paulo e Rio de Janeiro como Amarelão de Santa Catarina. Atualmente o arroz é o quinto produto vegetal no valor bruto da produção.

A nível nacional, Santa Catarina ocupou o nono lugar em produção e o segundo em produtividade no ano agrícola de 1981/82.

O arroz irrigado é cultivado, principalmente, no Vale do Itajaí e Litoral do Estado, onde é cultura de grande importância para os produtores, geralmente proprietários de pequenas áreas"²⁰.

4.5.2. Sistema de Produção de Arroz Irrigado nº 1

a) Identificação do Sistema

"Destina-se a produtores que possuem interesse e conhecimento para adoção de tecnologia avançada e dispõem de equipamentos adequados para execução das práticas culturais nas melhores épocas. Utilizam terras propícias para o cultivo de arroz irrigado em tabuleiros, possuindo fonte de água suficiente para manter a lavoura irrigada durante todo o ciclo da cultura. Na sua grande

maioria são proprietários de pequenas e médias propriedades agrícolas.

A principal característica deste sistema é a semeadura em solo alagado, com sementes pré-germinadas.

O rendimento médio previsto é de 6.500 Kg para as culturas do grupo moderno²⁰.

b) Operações que Compõem o Sistema

As operações que compõem este sistema são:

b.1) Análise do Solo

O solo de cada quadro deve ser constantemente analisado. Esta atividade é considerada como não envolvendo custos energéticos.

b.2) Sistematização do Terreno

Consiste no preparo da área para receber e conservar a água de irrigação, envolvendo a construção e conservação de canais de irrigação, canais de drenagem e taipas.

b.3) Preparo do Solo

O preparo do solo neste sistema visa a eliminação de plantas daninhas, a incorporação de resíduos da cultura anterior e a formação de cama adequada a receber a semente de arroz. Usualmente o solo é revolvido e posteriormente alisado formando um lameiro, sendo que anualmente deve ser realizado o renivelamento e alisamento.

b.4) Correção da Fertilidade do Solo

Esta operação é efetivada através de adubos fosfatados e

potássicos, incorporados ao solo quando da formação da lama ou após o nivelamento.

b.5) Adubação Nitrogenada

Esta adubação é feita em cobertura, aplicando-se a lanço em lâmina de água.

b.6) Semeadura

A semeadura deve ser feita a lanço com sementes pré-germinadas, que tem ciclo médio de 128 dias.

b.7) Tratos Culturais

O combate às plantas daninhas é realizado combinando o uso de herbicidas e práticas de controle mecânico. O controle de pragas também combina o uso de inseticidas com práticas tais como: destruição de restos culturais, manutenção da área limpa, correto manejo da água de irrigação, eliminação de hospedeiros e outras.

b.8) Colheita e Trilha

As recomendações são de uso de ceifa e trilha mecânicas, simultâneas, através de automotrizes.

c) Entradas, Conversões Energéticas e Saídas do Sistema

As entradas do sistema dadas em unidades físicas, bem como suas conversões a unidades energéticas, e as saídas do sistema, estão relacionadas na Tabela 10.

d) Diagrama Quantitativo em Unidades não Energéticas

Ver Diagrama 15.

Tabela 10 - Coeficientes técnicos e energéticos por hectare do sistema de produção de arroz nº 1.

Especificação	Unidade	Quantidade	Kcal Unid.	Kcal Total
* Insumos				
Sementes	Kg	125	3.658	457.250
Defensivo para sementes	Kg	0,2	74.245	18.849
Superfosfato triplo	Kg	100	3.040	304.400
Cloreto de potássio	Kg	70	2.268	158.760
Adubo de cobertura-uréia	Kg	100	6.917	691.700
Herbicidas	Kg	40	8.309	332.360
Inseticidas	Kg	30	4.950	148.490
* Edificações				84.164
* Preparo do solo e semeadura				
Renivelamento e taipas	h/eq.A	20	300	60.000
Aração	h/eq.Tr.	1,6	5.190	8.304
Gradagem	h/eq.Tr.	2,1	5.190	10.899
Construção e conservação de canais	metros	600	300	180.000
Semeadura e adubação	h/eq.H	10	599	5.990
Tratamento de sementes	h/H	2,0	500	1.000
* Tratos culturais				
Aplicação de herbicidas	h/eq.H	5	235	1.175
Aplicação de inseticidas	h/eq.H	10	235	2.350
Aplicação de adubo de cobertura	h/eq.H	10	235	2.350
* Colheita e transporte				
Colheita mecânica	h/colh.	4	187.131	748.524
Colheita manual	h/H	15	500	7.500

Transporte interno	h/eq.Tr.	6	2.472	14.832
* Trabalho				
Animais	h/A	20	2.400	48.000
Homens com				
animais	h/H	20	500	10.000
tratores	h/H	9,7	500	4.850
colheitadeira	h/H	4	500	2.000
equipamentos manuais	h/H	115	500	57.500
Tratores	h/Tr.	9,7	49.944	484.457

* Total Kcal = 3.869.704

* Rendimento médio previsto = 6.500 Kg de arroz.

FONTE DE DADOS AGRÍCOLAS: EMPASC/EMATER/ACARESC.²⁰

Diagrama 15 - Modelo quantitativo em unidades não energéticas do sistema de produção de arroz irrigado nº 1

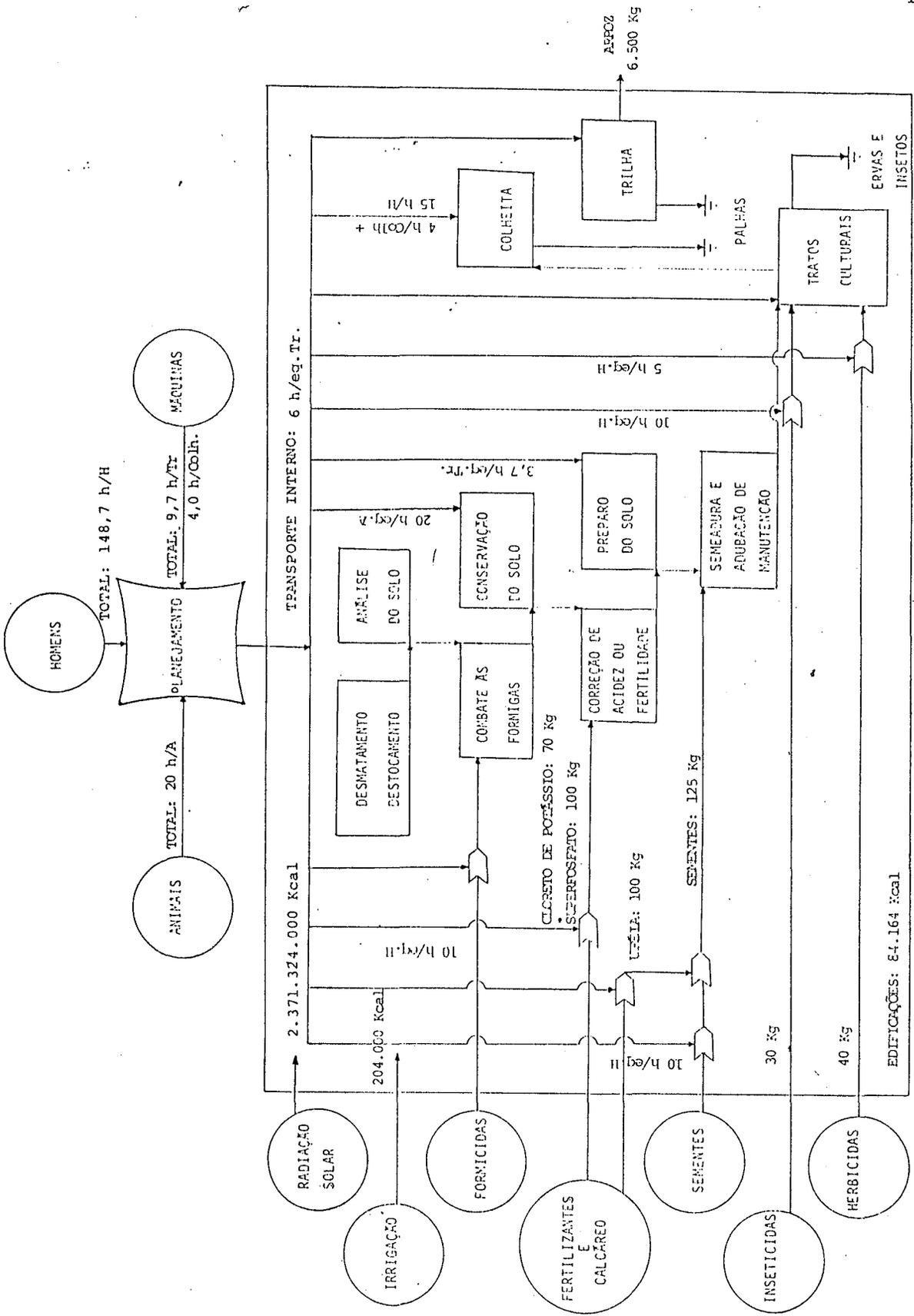
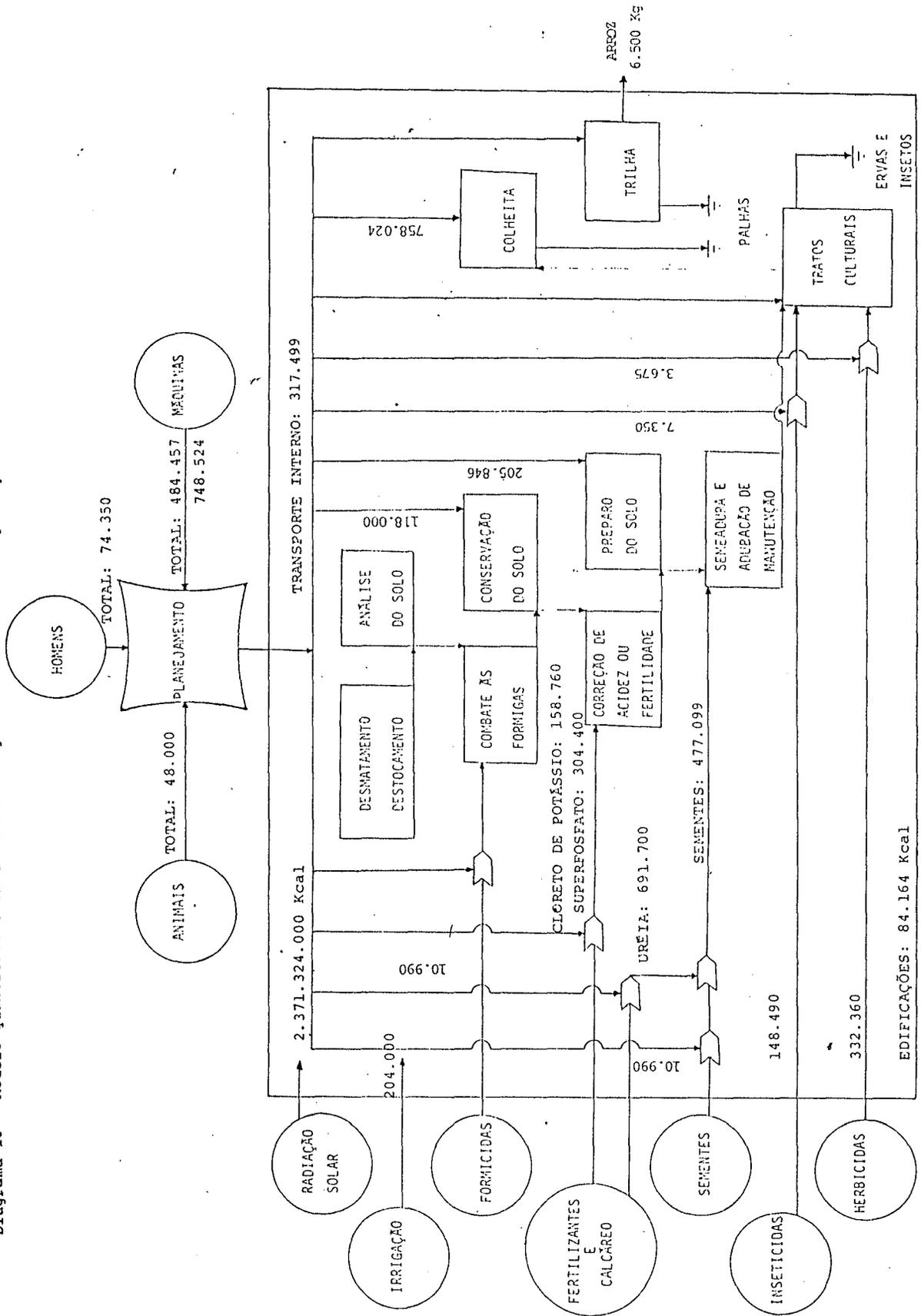


Diagrama 16 - Modelo quantitativo em unidades energéticas do sistema de produção de arroz irrigado nº 1 - Kcal



e) Diagrama Quantitativo em Unidades Energéticas

Ver Diagrama 16....

f) Resultados

O sistema em análise prevê o rendimento médio de 6.500 Kg de arroz. Para obtenção deste produto o sistema recebe 6.390.080.000 Kcal em média de radiação solar durante 128 dias. As entradas culturais do sistema totalizam 3.869.704 Kcal.

A maior parcela dos custos energéticos culturais é, devida à indicação do uso de colheitadeira automotriz, com o custo de 758.024 Kcal correspondendo a 19,59% do total.

Este sistema de produção exige uma grande perturbação no equilíbrio dos ecossistemas das várzeas, com o trabalho de máquinas custando 32,79% do total, trabalhos de irrigação 13,6% e defensivos 12,61%.

A fertilização também é uma grande parcela nos custos totais, com a adubação de correção correspondendo a 11,97% e a uréia 18,16%. Um terceiro item de forte presença nos custos é a semeadura com 12,61%.

O sistema apresenta os seguintes índices de produtividade energética

$$PC = \frac{6.500 \text{ Kg}}{3.869,704 \text{ Mcal}} = 1,680 \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

$$PE = \frac{6.500 \text{ Kg}}{2.371.324 + 3.869,704 \text{ Mcal}} = 2,736 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{Mcal}}$$

A produtividade cultural indica que para cada Mcal cultural investida no sistema, se obtém 1,68 Kg de arroz. O índice de

Tabela 11 - Resultados energéticos dos sete sistemas em análise, por fatores de produção. Os dados estão em Kcal, com exceção dos índices de produtividade e da radiação solar que estão em Mcal.

Sistemas	Fertilização		Corretivos		Base		Defensivos		Semeadura		Máquinas		Homens + animais		Conservação do solo		Preparo do solo		Tratos culturais		Colheita		Produção		Total		Produtividade		Radiação		Produtividade ecológica	
	Calcário	Uréia	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Kg	Kg	Kcal	Kcal	Kg/Mcal	Kg/Mcal		
Milho	466.402	16,99	715.860	26,05	175.448	6,38	198.524	7,22	431.970	15,72	221.827	8,07	644.960	23,47	22.750	0,80	55.634	2,02	250.353	9,11	55.634	2,02	35.000	1,27	5.000	1,820	2.747.904	2.728.855	1,830 x 10 ⁻³	1,830 x 10 ⁻³		
A							ESTERCO																									
B	466.402	13,47	715.860	20,67	175.448	5,06	198.524	5,73	431.970	12,47	221.827	6,40	1.429.354	41,27	24.750	0,70	55.634	1,61	250.353	7,23	55.634	1,61	750.524	21,67	5.000	1,444	3.463.428	2.728.855	1,830 x 10 ⁻³	1,830 x 10 ⁻³		
C	466.402	14,23	715.860	21,84	175.448	5,35	785.907	23,98	431.970	13,18	221.827	6,77	644.924	19,68	22.750	0,69	55.634	1,70	250.353	7,64	55.634	1,70	35.000	1,07	5.000	1,526	3.277.051	2.738.855	1,830 x 10 ⁻³	1,830 x 10 ⁻³		
D	466.402	11,70	715.860	17,93	175.448	4,39	785.907	19,68	431.970	10,81	221.827	5,55	1.429.431	35,80	24.750	0,62	55.634	1,29	250.353	6,27	55.634	1,29	750.524	18,80	5.000	1,253	3.992.575	2.738.855	1,830 x 10 ⁻³	1,830 x 10 ⁻³		
Milho	421.891	18,37	707.655	30,81	175.150	7,62	198.524	8,64	167.435	7,29	186.519	8,12	-	-	363.000	15,80	34.190	1,49	180.260	7,85	50.190	2,18	40.000	1,74	6.000	2,612	2.296.781	2.738.855	2,197 x 10 ⁻³	2,197 x 10 ⁻³		
A							ESTERCO																									
B	421.891	14,99	707.655	25,15	175.150	6,22	736.735	26,18	167.435	5,95	186.519	6,62	24.972	0,89	363.250	12,92	34.190	1,21	180.260	6,40	50.190	1,76	40.000	1,42	6.000	2,132	2.813.945	2.738.855	2,197 x 10 ⁻³	2,197 x 10 ⁻³		
2							QUÍMICO																									
Safra	829.245	27,65	386.030	12,87	278.685	9,29	360.590	12,02	476.839	15,90	441.315	14,71	90.411	3,01	402.250	13,41	16.000	0,53	153.855	5,13	-	-	40.000	1,33	1.800	0,600	2.959.462	1.748.363	0,685 x 10 ⁻³	0,685 x 10 ⁻³		
Feijão	829.245	27,65	386.030	12,87	278.685	9,29	360.590	12,02	476.838	15,90	441.315	14,71	90.411	3,01	402.250	13,41	16.000	0,53	153.855	5,13	-	-	40.000	1,33	1.200	0,400	2.999.462	1.748.363	0,685 x 10 ⁻³	0,685 x 10 ⁻³		
Safrinha	829.245	27,65	386.030	12,87	278.685	9,29	360.590	12,02	476.838	15,90	441.315	14,71	90.411	3,01	402.250	13,41	16.000	0,53	153.855	5,13	-	-	40.000	1,33	1.200	0,400	2.999.462	1.748.363	0,685 x 10 ⁻³	0,685 x 10 ⁻³		
Milho x Feijão	362.494	10,90	1.059.530	31,87	154.196	4,63	832.090	25,03	87.201	2,62	415.179	12,50	25.825	0,78	248.400	7,47	17.095	0,51	153.855	4,63	90.000	2,71	60.000	1,80	Milho: 4.800 Feijão: 810	3.324.125	2.634.649	0,758 x 10 ⁻³	0,758 x 10 ⁻³			
Soja	707.002	27,61	-	-	234.325	9,15	327.438	12,79	332.480	12,99	325.518	12,71	731.571	28,57	5.950	0,23	55.634	2,17	250.353	9,78	55.634	2,17	187.681	7,33	2.000	0,781	2.560.319	2.634.649	0,758 x 10 ⁻³	0,758 x 10 ⁻³		
Milho x Soja	407.693	11,72	696.665	20,03	166.356	4,78	636.680	25,73	376.245	10,82	296.919	8,54	23.242	0,67	509.250	14,64	34.190	0,98	205.140	5,90	168.760	4,65	50.000	1,44	Milho: 5.400 Soja: 900	3.477.250	3.547.511	-	-			
Arroz Irrigado	-	-	702.690	18,16	463.160	11,97	-	-	491.875	12,71	488.089	12,61	1.263.981	32,79	122.350	3,16	322.000	8,32	205.846	5,32	-	-	758.024	19,59	6.500	1,680	3.869.704	2.371.324	2,736 x 10 ⁻³	2,736 x 10 ⁻³		

produtividade ecológica indica que para cada Mcal da energia total que entra no sistema (solar + cultural) se obtém $101,7 \times 10^{-5}$ Kg de arroz.

4.6. Resultados e Discussão

O primeiro aspecto que se ressalta quando da análise destes sete sistemas de produção, é que os custos da energia cultural dispendida nos sistemas são mais diretamente proporcionais às perturbações mecânicas e químicas geradas aos ecossistemas.

As operações mecânicas compreendem o desnudamento do solo, seu revolvimento e ordenamento, corte de plantas daninhas, distribuição de agentes químicos e esterco, colheita e trilha do produto, e transporte interno. Quando estas ações são realizadas por tração motorizada, geralmente envolvem parcelas consideráveis dos custos energéticos totais, como no sistema milho nº 1-B com 41,27%, no sistema arroz nº 1 com 32,79% e no sistema de soja nº 1 com 28,30% do total. Nota-se ainda que os custos relacionados às operações motomecanizadas são preponderantemente devidos à função de tração, e nesta aos combustíveis.

Quando as operações mecânicas são prioritariamente oriundas do trabalho humano e animal, seus custos energéticos são inferiores aos motomecanizados, ainda que podem envolver parcela significativa dos custos energéticos totais. Os sistemas em que se predomina o trabalho humano e animal, com suas porcentagens nos custos totais são: Milho nº 2 com 15,80%, milho consorciado com soja com 14,58%, feijão solteiro com 13,40% e milho consorciado com

feijão com 7,47%.

As interferências químicas têm as funções de por um lado inibir plantas e organismos indesejáveis, e por outro lado dar condições de fertilidade ao solo.

Os custos energéticos de fertilização do solo demonstraram ser na maioria dos sistemas a principal parcela dos custos totais. O primeiro destaque deste setor é relacionado aos adubos nitrogenados, tanto da uréia quanto nos adubos compostos, como no sistema de milho consorciado com feijão que apenas a uréia corresponde a 31,87% do total, seguida do adubo (9-33-12) com 25,03% (apenas o nitrogênio custa 50% do composto). Outros sistemas onde são altas as parcelas dos nitrogenados são: milho nº 2 com 30,80% e milho nº 1 com 23,0%.

Os adubos corretivos demonstraram não possuir grande peso no total, tendo por sua vez o calcário significância em quase todos os sistemas, principalmente nos sistemas de soja nº 1 com 27,4% do total e no de feijão solteiro com 27,6%.

Os custos energéticos do controle químico de plantas e organismos indesejáveis só se mostraram relevantes em monoculturas, quando se situou em torno de 12% dos custos totais. Um sistema onde este custo foi mínimo é o milho consorciado com feijão com 2,62%. Deve ser considerado ainda que devido aos altíssimos custos energéticos por Kg de defensivos, uma pequena quantidade adicional destes altera substancialmente os custos totais.

O sistema que gera a maior perturbação no ecossistema é o arroz irrigado. Implantados em várzeas e terrenos alagadiços (considerados geralmente na ecologia como "santuários"), demandam grandes movimentações do solo, inundações e drenagens. Neste sistema os custos apenas de construção e manutenção de canais são 13,6%

do total.

Além das interferências no ecossistema da forma mecânica e química, a semeadura também tem custos energéticos relevantes, situando-se com até 14,7% do total no sistema de feijão solteiro.

O último fator considerado são as edificações, que tem muito pouca relevância nos custos totais, mas são imprescindíveis para a viabilização dos sistemas de produção.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo tem o objetivo de sumarizar os principais resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho, e indicar como sugestões para futuras pesquisas, algumas questões que surgiram a partir do estudo, mas não puderam ser adequadamente aprofundadas.

5.1. Conclusões

5.1.1. Sobre o Modelo de "Análise Energética de Agroecossistemas"

A análise de agroecossistemas sob a ótica de seus fluxos energéticos é um instrumental ainda em fase de aperfeiçoamento.

No desenvolvimento deste trabalho foram revisados os modelos de análise mais difundidos, e observado que estes modelos poderiam ser aperfeiçoados. Foram então resgatadas as contribuições das diversas publicações pesquisadas, com especial atenção nos aspectos referentes ao estabelecimento dos valores energéticos dos

insumos e também no tocante ao uso de modelos qualitativos. A partir deste resgate, foi estruturado então um modelo de análise apropriado às condições do Estado de Santa Catarina.

A avaliação da energia investida nos fatores físicos de produção permite realizar o balanço energético dos sistemas, contabilizando suas entradas e saídas, e calcular índices de produtividade. Esta é uma abordagem já bastante difundida, porém, muito restrita se não estiver acompanhada de uma abordagem qualitativa dos fluxos energéticos, tanto externos ao sistema (geradores dos insumos), quanto internos ao mesmo.

A análise através de um modelo qualitativo, permite visualizar os fluxos de materiais e de energia, percebendo-se mais claramente então as interações entre os fluxos, destes com os componentes estruturais e com a radiação solar, até a obtenção dos produtos. A quantificação destes modelos qualitativos dá condição

à identificação de desperdícios de energia, de componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência energética ou simplesmente eliminados, ou seja, de interferir na estrutura do sistema para torná-lo mais eficiente energeticamente.

A aplicação do modelo permite o planejamento e controle de sistemas produtivos agrícolas a partir de um referencial, que a cada dia chama mais atenção de governantes e governados, que são os recursos energéticos escassos e principalmente os não renováveis.

3.1.2. Sobre os Valores Energéticos dos Insumos Agrícolas

Este tema foi abordado separadamente em um capítulo especí-

fico, devido à necessidade de tratamento criterioso a cada item particular, dado que a qualidade final da análise de sistemas está estreitamente ligado à qualidade destes dados.

Para cada item foram indicadas as abordagens encontradas na literatura, e adotado o método de cálculo, ou custo energético, considerado mais apropriado. Entre os métodos encontrados, destacam-se a utilização da matriz insumo-produto do país, a conversão de valores financeiros a valores energéticos e finalmente a análise de processo que é o mais largamente utilizado e de maior precisão.

Em relação ao trabalho, nota-se o grande consumo energético e potência disponível dos motores, diferente do pequeno consumo mas também pequena capacidade de trabalho humano e animal.

Em relação aos fluxos materiais, a densidade energética destes varia bastante. Entre os fluxos de baixa densidade energética destaca-se o calcário, que envolve apenas custos de moagem e transporte, gerando um baixo custo energético por quilograma, mas utilizado geralmente em grandes escalas (cerca de 1.000 Kg/ha/ano). Entre os fatores de maior densidade energética, o destaque maior fica com os defensivos que são utilizados em pequena quantidade mas a grandes custos energéticos, além dos fertilizantes nitrogenados que têm altos custos energéticos por quilograma e são usados em larga escala.

Outros fatores que são significativos em seus custos energéticos são as sementes, as ferramentas, maquinarias e edificações.

Na estimação dos valores energéticos de cada material ou trabalho realizado, procurou-se levantar dados que estivessem a-

propriadados às condições do Estado e caso necessário estes dados foram adaptados às condições locais.

5.1.3. Sobre as Análises Energéticas dos Agroecossistemas Catarinenses

Foram efetivadas nesta dissertação as análises de sete sistemas de produção agrícola, envolvendo os principais produtos agrícolas e representando as tecnologias utilizadas pelos produtores do Estado de Santa Catarina.

O primeiro aspecto a ser notado, é que a quantidade de energia que o sistema consome é diretamente proporcional ao nível de interferência causada ao sistema pelos insumos e trabalho, no sentido de vencer as plantas concorrentes, as pragas, revolver o solo, fertilizar o solo, introduzir sementes e colher o produto.

Em relação ao trabalho, as análises mostraram que quando este é originado do homem ou animais, que o realizam de maneira suave e lenta, os gastos energéticos são bastante inferiores aos realizados por tração motorizada, que dispõem de força concentrada. Observou-se também que a parcela referente à função de tração, é largamente preponderante dentro das operações motomecanizadas.

Os custos energéticos de fertilização do solo demonstraram ser, na maioria dos sistemas, a principal parcela dos custos totais. O fator que envolve maiores custos entre os fertilizantes é o adubo nitrogenado, tanto em forma de uréia como nos adubos compostos, sendo que os potássicos e fosfatados não corresponderam a grandes pesos nos sistemas analisados. Por outro lado o calcáreo

apareceu com significância nos custos energéticos totais de quase todos os sistemas.

Os praguicidas só tiverem custos energéticos relevantes em sistemas de monocultura, aparecendo com valores muito pequenos quando da utilização de consórcios e práticas alternativas ao controle químico.

O milho foi o único produto do qual foram analisados mais de um sistema produtivo em monocultura. Observou-se que os sistemas que utilizam tração animal, trabalho humano e fertilizantes orgânicos, chegam a obter 2,01 vezes o peso do produto por Mcal cultural investida, em relação os sistemas motomecanizados e com insumos químicos. As variações nos produtos obtidos por Mcal cultural investida, foram proporcionais ao nível de utilização da motomecanização e insumos químicos. Além da diferença relativa a estes insumos, o sistema de produção de milho nº 2 determina uma maior produção por hectare que o sistema nº 1, obtendo um peso do produto por cada Mcal total (cultural e solar), investida 20% superior.

5.2. Recomendações

As questões que não puderam ser estudadas em detalhe no decorrer do trabalho, e que podem servir de objeto para eventuais estudos futuros, são a seguir descritas.

- 5.2.1. Um aprofundamento teórico sobre agricultura e energia, situando historicamente como esta relação se dá, e seus principais determinantes econômicos e políticos.
- 5.2.2. Estudo da energia dispendida no trabalho motomecanizado na agricultura. Este setor envolve geralmente grandes custos energéticos e existe pouco estudo aplicado à realidade brasileira e catarinense.
- 5.2.3. Estudo da energia dispendida em insumos químicos. A entrada recente dos fertilizantes químicos, herbicidas e inseticidas no cenário da agricultura brasileira transformou o perfil desta. Entretanto as implicações energéticas ainda são razoavelmente desconhecidas.
- 5.2.4. Busca de alternativas de fatores físicos de produção agrícola que envolvam menos custo energético, assim como estudo das origens destas energias, e da relação custo energético x benefícios destas alternativas.
- 5.2.5. Estudo comparativo de diferentes tecnologias para geração de um produto, sob a ótica da energia. Com a combinação de

tecnologias, pode-se obter pontos ótimos e sub-ótimos de aproveitamento energético.

5.2.6. Análise energética de diversos sistemas produtivos interagindo. Conhecendo-se os fluxos energéticos internos aos sistemas e como interagem, pode-se aperfeiçoar o rendimento energético do conjunto. Por exemplo, o estudo das pequenas propriedades rurais onde seus subsistemas são altamente diversificados e integrados.

BIBLIOGRAFIA

- 01 - ABIMAQ - SINDIMAQ. Máquinas e implementos agrícolas brasileiros. 2.ed. São Paulo, 1980.
- 02 - BATTY, J.C. and KELLER, J. Energy requirements for irrigation. In: PIMENTEL, David. Handbook of energy utilization in agriculture. Florida, CRC Press, 1980. p.35-48.
- 03 - BECHT, G. Systems Theory, the key to holism and reductionism. Bioscience, 24(10):579-596, 1974.
- 04 - BERARDI, G.M. Organic and conventional wheat production: examination of energy and economics, Agro-Ecosystems, 4:367-376, Amsterdam, Elsevier Pub., 1978.
- 05 - BESNOSIK, R.I. Modernização da agricultura e demanda de energia. Tese de Mestrado, COPPE/URFJ, Rio de Janeiro, 1984. 146p.
- 06 - BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Balanco energético Nacional, Brasília, 1984. 132p.
- 07 - CALDWEL, Malcolm. A riqueza de algumas nações. (The wealth of some nations) Trad. Waltensir Dutra. Rio de Janeiro,

Zahar, 1979. 261p.

- 08 - CASTANHO FILHO, E.P. & CHABARIBERY, D. Perfil energético da agricultura paulista. São Paulo, Instituto de Economia Agrícola, set. 1982.
- 09 - CEPA-SC. Síntese informativa da agricultura catarinense 1980/81. Florianópolis, Instituto CEPA/SC, 1980.
- 10 - CEPA-SC. Custos de produção dos principais produtos agropecuários. Florianópolis, Instituto CEPA/SC, v.6, n.5, 1984.
- 11 - CHRISTENSEN, E.H. Physiology of work. In: Encyclopaedia of occupational health and safety. Geneva, International Labour Office, 1972. v.2, p.1063-1065. Apud GOMES, J. da R. Dispêndio energético e reposição calórica em algumas funções da indústria automobilística. Tese de doutorado, Faculdade de Saúde Pública - USP, São Paulo, 1978.
- 12 - COMMONER, Barry. The closing circle. New York, Bantam Books, 1974. 344p.
- 13 - COMMONER, Barry. The poverty of power. New York, Bantam Books, 1977. 298p.
- 14 - COOK, Earl. The flow of energy in an industrial society. In: Scientific American, USA, Vol.224, n.3, p.134-147, set. 1971.
- 15 - COX, G.W. and HARTKINS, M.D. Energy costs of agriculture. Agricultural ecology. San Francisco, Freeman, 1979. p.597-629.
- 16 - DOERING III, Otto C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, David. Handbook of energy utilization in agricultura. Florida, CRC Press, 1980. p.9-26.

- 17 - DVOSKIN, D. and HEADY, E. Economic and environmental impacts of the energy crisis on agricultural production. In: LOCKERETZ, W. Agriculture and energy. New York, Academia Press, 1977. p.1-17.
- 18 - EMPASC-SC. Diagnóstico preliminar de sistemas agrícolas vigentes na Região Oeste de Santa Catarina. Florianópolis, EMPASC, Doc. 27, 1984.
- 19 - EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA DE EXTENSÃO RURAL/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistemas de produção para feijão (revisão). Florianópolis/SC, 2.ed. EMPASC/ACARESC, 1982. 55p.
- 20 - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL-SC/ACARESC. Sistemas de produção para arroz irrigado (revisão). Florianópolis/SC, 1983. 34p.
- 21 - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL-SC/ACARESC. Sistemas de produção para milho (2ª revisão). Florianópolis/SC, 1983. 56p.
- 22 - EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL-SC/ACARESC. Sistemas de produção para soja (2ª revisão). Florianópolis/SC, 1983. 44p.
- 23 - FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, 1976.
- 24 - FAO. Energia para la agricultura. Roma, 1980.
- 25 - FELIPE JR., G. et alii. Considerações sobre a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: EMBRAPA. Anais

- do simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.21-71.
- 26 - FLUCK, Richard C. Energy productivity: a measure of energy utilization in agricultural systems. Agricultural systems, 4(1):29-37, England, Applied Science Pub., 1979.
- 27 - GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropic law and the economic problem. In: DALY, H.E. (ed.). Toward a Steady-State Economy, San Francisco, Freeman, 1973. p.37-49.
- 28 - GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy and economic myths. New York, Pergamon, 1976. 35p.
- 29 - GEORGESCU-ROEGEN, N. Myths about energy and matter. Growth and Change, nº 1, Jan. 1979. Kentucky, USA.
- 30 - GOMES, Jorge da R. Dispêndio energético e reposição calórica em algumas funções da indústria automobilística. Tese de doutorado, Faculdade de Saúde Pública-USP, São Paulo, 1978.
- 31 - GOMES DA SILVA, José. Energicultura - "Energy Farming". Saccharum, 2(6):18-19, 1979.
- 32 - GUILHON, Carlos V. A agricultura e a crise energética. Saccharum, 2(7):28-33, 1979.
- 33 - HANNON, B. et alii. Energy use in building construction, CAC DOC. 228, University of Illinois, Urbana, 1977. Apud. PIMENTEL, D., Handbook of energy utilization in agriculture. Florida, CRC Press, 1980.
- 34 - HART, Robert D. et alii. Análisis energético de sistemas agrícolas. Costa Rica, Turrialba, CATIE, 1980.
- 35 - HEICHEL, G.H. Assessing the fossil energy costs of propagat-

- ing agricultural crops. In: PIMENTEL, David. Handbook of energy utilization in agriculture. Florida, CRC Press, 1980. p.27-33.
- 36 - HEICHEL, G.H. Comparative efficiency of energy use in crop production. New Haven. The Connecticut Agricultural Experiment Station. Bulletin nº 739, 1973. 26p.
- 37 - HESLES, J.B.S. & BARROS, E.B.M. Fluxo energético. Rio de Janeiro, Monografia PIMEB-COPPE/RJ, 1984. 137p.
- 38 - HESLES, J.B.S. Objetivos e princípios da análise energética, Análise energética de processos industriais, Análise energética: métodos e convenções. Preprint AIE-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1981.
- 39 - HESLES, J.B.S. et alii. Análise energética do processo de implantação de uma floresta. AIE-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.
- 40 - IBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 1984.
- 41 - LEACH, Gerald. Energy and food production. London, IPC Science and Technology Press, 1976.
- 42 - LINDEMAN, R.L. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology 23, 1942. p.399-418. Apud HART, R. et alii. Análisis energético de sistemas agrícolas. Costa Rica, Turrialba, CATIE, 1980.
- 43 - LOCKERETZ, Willian (ed.). Agriculture and energy. New York, Academic Press Inc., 1977.
- 44 - LOCKERETZ, Willian. Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers. In: PIMENTEL, David. Handbook of

energy utilization in agriculture. Florida, CRC Press, 1980.
p.23-26.

- 45 - LOCKERETZ, W. et alii. Economic and energy comparisons of crop production on organic and conventional corn belt farms. In: LOCKERETZ, W. Agriculture and energy. New York, Academic Press, 1977. p.85-101.
- 46 - LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. and HALL, A.E. Agricultural Productivity. In: MACHLIS, L. (ed.). Annual Review of Plant Physiology, 22:431-468, Califórnia, 1971.
- 47 - MAKHIJANI, Arjum. Energy and Agriculture in The Third World. Cambridge, Ballinger Pub., 1975. 168p.
- 48 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - CFCDI. Situação dos fertilizantes no Brasil em 1981. Brasília, 1981.
- 49 - ODUM, H.T. An energy circuit language for ecological and social systems: Its physical basis. In: PATTEN, B.C. Systems analysis and simulation in ecology. New York, Academic Press, 1972. vol. II, p.140-210.
- 50 - ODUM, H.T. Energetics of world food production. In: The world food problem, v.2, p.55-94. Washington D.C.: 1967. Apud COX, G.W. and HARTKINS, M.D. Energy costs of agriculture. Agricultural ecology. San Francisco, Freeman, 1979.
- 51 - ODUM, H.T. Thophic structure and productivity of silver Springs, Florida, Ecological monographs, 27, 1957. p.55-112.
- 52 - ORSELLI, Leda. Atlas solarimétrico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, GAPLAN, 1982. 179p. ilustr.
- 53 - PASCHOAL, Adilson D. Pragas, praguicidas e crise ambiental. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1979. 102p.

- 54 - PASSMORE, R. & DURIN, J.V. Physiol. Rev., 35, 801(1955).
- 55 - PEART, R.M. and DOERING III, O.C. Evaluating energy-saving practices by simulation. In: LOCKERETZ, W. Agriculture and energy. New York, Academic Press, 1977. p.65-73.
- 56 - PIMENTEL, David et alii. Food production and the energy crisis. Science, vol. 182:443-449, nov. 1973. ,
- 57 - PIMENTEL, David and PIMENTEL, Marcia. Food energy and society. Great Britain, Edward Arnold, 1982. 163p.
- 58 - PIMENTEL, David (ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Florida, CRC Press, 1980. 475p.
- 59 - PRIMAVESI, Odo. Fatores limitantes da produtividade agrícola e plantio direto. São Paulo, Basf, 1982.
- 60 - PYKE, M. Man and food. New York, Mc Graw-Hill, 1970. 256p.
Apud PIMENTEL, D. and PIMENTEL, M. Food energy and society. Great Britain, Edward Arnold, 1982.
- 61 - RAPPAPORT, Roy A. The flow of energy in an agricultural society. Scientific American, Vol. 224, nº 3, p.116-133, USA, Set. 1971.
- 62 - REVELLE, Roger. Energy use in rural India. Science, vol. 192, p.969-975, USA, June 1976.
- 63 - RICHER, C.B. et alii. Agricultural engineers' handbook. New York, Mc Graw-Hill, 1961.
- 64 - RIFKIN, Jeremy, Entropy. New York, Bantam Books, 1981. 303p.
- 65 - ROCKENBACH, Osvaldo et alii. Balanço energético de um agroecossistema com beterraba açucareira. Anais do III Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, 1984.

- 66 - SAMOBYL, Robert W. Acumulação de capital e desacumulação do meio ambiente. Economia e Desenvolvimento, nº 2, p.95-127, Cortez, fev. 1982.
- 67 - SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. Balanço energético de edificações típicas. Brasília, 1982. 98p.
- 68 - SERRA, G.E. et alii. Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas. Instituto de Física-USP, p. 463, São Paulo, 1979. 86p.
- 69 - SPEDING, C.R.W. Ecologia de los sistemas agrícolas. Madrid, Blume Ediciones, 1979. 320p.
- 70 - STARR, Channcey. Energy and power. Scientific American, vol. 224, nº 3, p.36-49, USA, Set. 1971.
- 71 - SZARGUT, Jan. International progress in second law analysis. Energy, vol. 5, p.709-718, Great Britain, Pergamon Press, 1980.
- 72 - TERHUNEN, E.C. Prospects for increasing food production in less developed countries through efficient energy utilization. In: LOCKERETZ, W. (ed.). Agriculture and energy. New York, Academic Press Inc., 1977. p.625-637.