

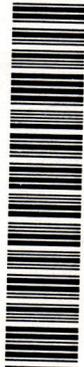
**CUSTOS AMBIENTAIS DE
AGROECOSSISTEMAS DA
CANA-DE-AÇÚCAR**

RENATO DE MELLO

**Tese apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do
Título de Doutor em Ciências da Engenharia
Ambiental.**

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Galízia Tundisi

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016731



**São Carlos
1997**

Class. TESE - EESC

Cutt. M5248

Tombo T005/97

Área: Ciências de Engenharia Ambiental.

31100016731

ii

st 0747594

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

M527c Mello, Renato de
Custos ambientais de agroecossistemas da
cana-de-açúcar / Renato de Mello. -- São Carlos,
1997.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental
Orientador: Prof. Dr. José Galízia Tundisi

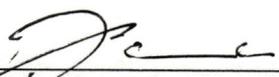
1. Engenharia ambiental. I. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

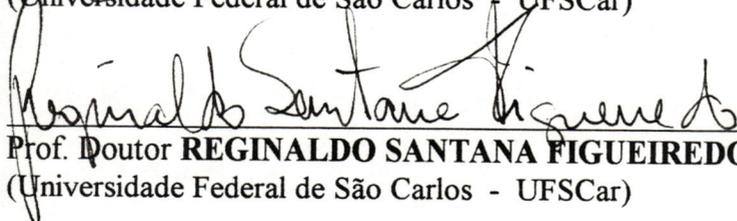
Tese defendida e aprovada em 28-2-1997
pela Comissão Julgadora:



Prof. Tit. **JOSE GALIZIA TUNDISI (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade São Paulo)
(Presidente do CNPq)



Prof. Dr. **JOSE EDUARDO DOS SANTOS**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



Prof. Doutor **REGINALDO SANTANA FIGUEIREDO**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



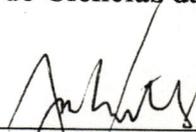
Prof. Doutor **MARCELO PEREIRA DE SOUZA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Dr. **FRANCISCO JOSÉ DA COSTA ALVES**
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



Prof.^a Doutora **MARIA DO CARMO CALJURI**
Coordenadora da Área de Ciências da Engenharia Ambiental



JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedico esta tese à
minha querida esposa Maricélia e
aos meus filhos Caio e Paula.
Minhas emoções e minha razão.

Dedico também ao meu pai
Milton de Mello, um amante da
natureza, do conhecimento e da
vida. Meu professor.

AGRADEÇO

Ao Professor José Galizia Tundisi pela orientação e pelo seu exemplo de como ser um pesquisador.

Aos professores, funcionários e colegas do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, pelo que aprendi e pela rica convivência.

Aos colegas do Departamento de Engenharia de Produção de UFSCar, por assumirem meu trabalho pelo tempo de afastamento que viabilizou esta tese.

À UFSCar, que permitiu os afastamentos para a confecção desta tese e que pagou meus salários no período.

Aos amigos do DEP-UFSCar com quem trabalhei, onde tenho minhas melhores e mais profundas amizades. Foi muito bom estar com vocês.

Em especial, agradeço ao Prof. Farid Eid pela ajuda na coleta dos dados de campo e ao Prof. Paulo Eduardo Gomes Bento por todo o suporte no final desta tese.

RESUMO

Mello, Renato de. Custos ambientais de agroecossistemas da cana-de-açúcar. São Carlos - SP. 1997. Tese - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Esta tese analisa e avalia agroecossistemas de cana-de-açúcar, considerando as implicações ambientais e o uso de recursos naturais como fatores de produção. Os custos são estimados em medidas financeiras e energéticas, verificadas desde a formação do canavial até a entrega da cana à usina. Como modelo-base foi estudado um grupo empresarial que representa a situação paradigmática do presente no Brasil, e a partir desses dados foram montados cenários de custos financeiros e energéticos de sistemas produtivos alternativos.

Os aspectos ambientais foram valorados enquanto fatores de produção e também foram integrados às planilhas.

Foram estruturados três cenários usando as planilhas de custos e da energia, combinadas com os dados sobre as implicações ambientais destes agroecossistemas. O cenário-base contabiliza a energia comercial empregada, e o meio ambiente não é considerado como participante da produção. No segundo cenário os impactos ambientais e usos de recursos naturais são estimados como fatores de produção e implicam em custos. O terceiro cenário simula uma situação onde o agroecossistema é planejado para ser sustentado e são minimizados os danos ambientais.

Os resultados indicaram custos energéticos maiores para a internalização dos custos ambientais do que para os outros cenários. Indicaram também que é possível a produção financeiramente rentável com ecossistema sustentado, que as diferenças dos valores da energia despendida entre os três ainda é pequena e que a perspectiva sustentada somente será atrativa a partir da definição social de maiores valores aos aspectos ambientais.

Palavras-chave:

Agroecossistemas

Meio ambiente, energia e agricultura

Cana-de-açúcar e o meio ambiente

Abstract

Mello, Renato de. Environmental costs of sugarcane agroecosystems. São Carlos - SP. 1997. Thesis - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This thesis analyzes and evaluates sugarcane agroecosystems, taking both the environmental implications and the use of natural resources as production factors into account. The costs are estimated in financial and energetic measures, since the implantation of the culture until the delivery of the cane to the mill. In order to perform the basic model, a business group that presently represents the paradigm in Brazil was selected, and from that data, scenarios of financial and energetic costs of alternative production systems were structured.

The environmental aspects were then evaluated as production factors and also included in the tables.

Using the costs and the energetic tables, combined with the environmental implication data of the agroecosystems, three scenarios were established. The basic scenario takes the commercial energy utilized into account, and the environment is not considered as part of the production. In the second scenario the environmental impacts and the use of natural resources are estimated as production factors and therefore they involve costs. The third scenario simulates a situation where the agroecosystem is planned to be sustained and the environmental damages are minimized.

The results indicated higher costs for the scenarios of inserting environmental costs than for the others scenarios. They also indicated that it is possible to achieve a profitable production in a sustainable ecosystem, as well as that the differences of the energy amount among the systems remain still small, and that the sustainable perspective will only be attractive if it is based upon the social definition of higher values to the natural environment.

Keywords:

Agroecosystems

Environment, energy and agriculture

Sugarcane and the environment

SUMÁRIO

Ficha catográfica.....	ii
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Sumário.....	vii
CAPÍTULO 1. QUANTO CUSTA PRODUZIR CANA-DE- AÇÚCAR. OS VALORES E O MEIO AMBIENTE.....	1
1. Razões de valorar funções ambientais como fatores de produção. A energia como moeda.....	1
2. O programa brasileiro de produção de álcool a partir do meio ambiente.....	6
3. Objetivos desta tese.....	9
4. Materiais e métodos.....	10
4.1. As leis da termodinâmica e a produção de biomassa.....	11
4.2. A engenharia econômica e os fluxos de energia nos agroecossistemas.....	13
5. A valoração de bens e funções ambientais.....	17
5.1. Os preços.....	18
5.2. A produtividade.....	19
5.3. Ecossistema como capital.....	20
5.4. Valores incertos.....	22
5.5. Valores dos ecossistemas no tempo.....	23
6. Os limites desta tese.....	24
7. Importância da tese no contexto acadêmico.....	27
CAPÍTULO 2. DO ECOSSISTEMA AO PÁTIO DA USINA: A CANA, O PROÁLCOOL, A COMPANHIA AGRÍCOLA E A REGIÃO.....	30
1. A planta cana-de-açúcar.....	30
2. O produto carburante “álcool etílico”.....	34

3. Proálcool: a energia da biomassa.....	35
4. As razões da escolha do grupo de empresas e da localização.....	36
5. A região em estudo.....	39
6. As empresas e os fornecedores.....	42
6.1. As técnicas agrícolas empregadas na região.....	44
6.2. Os equipamentos da companhia agrícola.....	46
6.3. A produção da companhia agrícola.....	48

CAPÍTULO 3. A ENERGIA ENVOLVIDA DIRETAMENTE PRODUÇÃO DE CANA..... 50

1. Os tipos de energia envolvidos na produção de insumos e trabalho.....	50
2. Como avaliar as quantidades de energia para obter os fatores de produção agrícola.....	53
3. Máquinas e equipamentos.....	55
3.1. Dispendios energéticos para a obtenção, operação e manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas.....	56
3.2. Maquinaria usada na empresa.....	59
4. Fertilizantes nitrogenados.....	60
4.1. Fertilizantes nitrogenados industriais.....	61
4.2. Consumo de energia para a fabricação de fertilizantes nitrogenados.....	62
4.3. O uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo da cana-de-açúcar.....	63
4.4. Fertilizantes nitrogenados e sua ação ambiental.....	65
5. Fertilizantes fosforados.....	65
5.1. O fósforo nas plantas e no solo.....	66
5.2. A energia despendida para mineração, processamento, transporte e embalagem de fertilizantes fosforados.....	67
5.3. O fósforo e o meio ambiente.....	68
6. Fertilizantes potássicos.....	68
6.1. O potássio nas plantas.....	69
6.2. Consumo de energia para a mineração, processamento, transporte e embalagem de fertilizantes potássicos.....	70
6.3. O potássio e o ecossistema.....	71
6.4. A fertirrigação e o potássio.....	71
7. O vinhoto e a fertirrigação.....	72
8. O calcário.....	73

8.1. Consumo de energia para a mineração, moagem e transporte de calcário.....	75
9. Defensivos agrícolas e agrotóxicos.....	76
9.1. As doenças da cana-de-açúcar.....	77
9.2. Os herbicidas.....	82
9.3. Os defensivos, os agrotóxicos e o meio ambiente.....	83
9.4. Os defensivos químicos indicados nas planilhas da empresa..	85
9.5. Energia e custos para produção de defesa agrícola.....	86
CAPÍTULO 4. O MEIO AMBIENTE DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR. CUSTOS E ENERGIA ENVOLVIDA	88
1. A legislação envolvendo agroecossistemas de cana-de-açúcar..	89
1.1. Quais atividades devem fazer Estudos de Impacto Ambiental	91
1.2. Os requisitos dos Estudos de Impacto Ambiental para agroecossistemas de cana-de-açúcar.....	93
1.3. A quem apresentar a conta ?.....	94
2. A queima da cana para a colheita e seus efeitos ambientais.....	95
3. A água como fator de produção.....	98
3.1. Problemas ambientais da água causados pela agricultura da cana	100
3.2. Os custos do uso da água para a agricultura da cana.....	104
4. Os solos como base do agroecossistema.....	111
4.1. As práticas culturais e o manejo do solo.....	113
4.2. Operações com o solo.....	114
4.3. Efeitos da fertirrigação no solo.....	115
4.4. Os custos da agricultura da cana para o solo.....	116
5. O espaço e a paisagem	118
5.1. O espaço entre a cana e a cidade.....	118
5.2. A paisagem e o lazer.....	119
CAPÍTULO 5. AS PLANILHAS DE CUSTOS FINANCEIROS E DISPÊNDIOS DE ENERGIA COMERCIAL PARA AGROECOSSISTEMAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	122
1. A formação do agroecossistema da cana.....	123
1.1. Preparo de novas áreas para o plantio.....	124
1.2. Preparo de renovação dos canaviais.....	125
1.3. Gradeações.....	125

1.4. Subsolagem.....	125
1.5. Calagem.....	125
1.6. Operações de terraceamentos, conservação do solo e preparo para o plantio.....	126
1.7. Preparo de mudas e plantio.....	126
1.8. Tratos culturais da formação do canavial.....	128
1.9. Planilha dos custos e da energia para formação de canaviais	130
2. Tratos culturais em soqueiras.....	136
2.1 Planilhas dos custos e da energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare.....	137
3. Colheita.....	139
3.1. Colheita manual da cana crua.....	141
3.2. Colheita mecânica da cana crua.....	142
3.3. Colheita mecânica da cana queimada.....	143
3.4. Colheita manual da cana queimada.....	143
3.5. Planilha dos custos e da energia para a colheita manual - cana queimada.....	145
3.6. Planilha dos custos e da energia para a colheita mecânica - cana queimada.....	148
3.7. Planilha dos custos e da energia para a colheita mecânica - cana crua.....	150
3.8. Planilha dos custos e da energia para a colheita manual - cana crua.....	152
4. Custos e dispêndios energéticos totais.....	154
CAPÍTULO 6. OS CENÁRIOS.....	156
1. O cenário comercial.....	157
1.1. A formação e reforma dos canaviais, transformando o ecossistema em uma fábrica.....	158
1.2. Os tratos culturais das soqueiras e as médias de produção....	160
1.3. As alternativas de colheitas.....	162
1.4. Dispêndios de energia comercial e recursos financeiros para produção da cana.....	167
2. Ampliando os custos com externalidades. O cenário dos custos ambientais.....	168
2.1. A água como fator de produção na planilha dos custos.....	168
2.2. Os agrotóxicos e a intensidade energética de suas ações.....	168
2.3. O solo perdido e o solo gasto.....	170
2.4. O espaço, o lazer, a paisagem e a queima da cana.....	170

2.5. Planilhas de dispêndios energéticos com externalidades.....	172
3. Cenário ambientalmente sustentado.....	176
3.1. Agrotóxicos.....	176
3.2. Eutrofização da água.....	178
4. Discussão dos resultados.....	186
CAPÍTULO 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	188
1. Conclusões.....	188
2. Recomendações de seqüência deste trabalho.....	191
BIBLIOGRAFIA.....	193

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare. Mecanização. Dados de energia em Mcal.....	130
Tabela 5.2. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare. Transporte (incluída a mão-de-obra do motorista). Dados de energia em Mcal.....	131
Tabela 5.3. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare. Insumos.....	132
Tabela 5.4. Custos e energia para formação de canaviais. Mão-de-obra.....	133
Tabela 5.5. Custos financeiros médios para formação de canaviais.....	134
Tabela 5.6. Custos energéticos médios para formação de canaviais - Energia direta.....	134
Tabela 5.7. Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare. Mecanização. Dados de energia em Mcal.....	137
Tabela 5.8.. Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare. Insumos.....	138
Tabela 5.9. . Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare. Mão-de-obra.....	138
Tabela 5.10. Custos resumidos de tratos culturais.....	139
Tabela 5.11. Custos e energia despendidos na colheita manual - cana queimada. Mecanização. Mcal/ha.....	145

Tabela 5.12. Custos e energia despendidos na colheita manual - cana queimada. Mão-de-obra	146
Tabela 5.13. Custos médios financeiros por tonelada de cana, colheita manual de cana queimada.....	147
Tabela 5.14. Custos resumidos por hectare - Colheita manual de cana queimada.....	147
Tabela 5.15. Custos e energia despendidos na colheita mecânica - cana queimada. Mecanização. Dados de energia em Mcal. Por hectare.....	148
Tabela 5.16. Custos e energia na colheita mecânica, cana queimada. Mão-de-obra. Por hectare	148
Tabela 5.17. Custos médios financeiros por tonelada de cana, colheita mecânica queimada. (1991/92).....	149
Tabela 5.18. Custos resumidos por hectare - Colheita mecânica queimada.....	150
Tabela 5.19. Custos médios por tonelada de cana e por hectare para a colheita mecanizada de cana crua (1991/92).....	150
Tabela 5.20. Energia de combustíveis e da colheitadeira de cana crua.....	151
Tabela 5.21. Custos resumidos por hectare - Colheita mecânica de cana crua.....	151
Tabela 5.22. Custos e energia despendidos na colheita manual, cana crua. Mecanização.....	152
Tabela 5.23. Custos e energia despendidos na colheita manual cana crua. Mão-de-obra.....	152
Tabela 5.24. Custos totais por hectare - Colheita manual crua. (1991/92).....	153

Tabela 5.25. Custos resumidos por hectare - Colheita manual crua.	153
Tabela 5.26. Custos e dispêndios energéticos de produção por hectare.....	154
Tabela 5.27.. Custos e dispêndios energéticos totais por hectare....	154
Tabela 6.1. Custos financeiros médios para formação de canavial (US\$).....	158
Tabela 6.2. Custos energéticos médios para formação de canaviais - energia direta.....	159
Tabela 6.3. Operações, insumos, custos financeiros e dispêndios energéticos por hectare.....	160
Tabela 6.4. Custos financeiros médios por hectare.....	161
Tabela 6.5. Custos energéticos médios por hectare.	161
Tabela 6.6. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana queimada, por hectare.....	162
Tabela 6.7. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana queimada, por tonelada de cana.....	162
Tabela 6.8. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana queimada, por hectare.....	163
Tabela 6.9. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana queimada, por tonelada de cana.....	163
Tabela 6.10. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana crua, por hectare.....	164

Tabela 6.11. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana crua, por tonelada de cana.....	164
Tabela 6.12. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana crua, por hectare.....	165
Tabela 6.13. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana crua, por tonelada de cana.....	165
Tabela 6.14. Custos resumidos por tonelada de cana, das quatro formas de colheita. Custos financeiros e energéticos	166
Tabela 6.15. Dispêndios de energia comercial e recursos financeiros para formação e tratos culturais da cana, por hectare	167
Tabela 6.16. Dispêndios de energia comercial e recursos financeiros para formação, tratos culturais e colheita da cana, por hectare.....	167
Tabela 6.17. Dispêndios de energia comercial e recursos financeiros para formação, tratos culturais e colheita da cana, por tonelada de cana.....	167
Tabela 6.18. Energia despendida para realização de trabalho e em equipamentos na formação. Mcal/ha.....	169
Tabela 6.19. Energia despendida para realização de trabalho e em equipamentos nos tratos culturais. Mcal/ha/ano.....	170
Tabela 6.20. Custos estimados de energia comercial com externalidades na formação.....	173
Tabela 6.21. Custos de energia comercial com externalidades nos tratos culturais das soqueiras.....	174

Tabela 6.22. Custos energéticos totais com externalidades na colheita da cana crua, por hectare.....	174
Tabela 6.23. Custos energéticos totais com externalidades na colheita da cana crua, por tonelada de cana.....	175
Tabela 6.24. Incremento energético devido às externalidades na produção da cana.....	175
Tabela 6.25. Custos energéticos de operações mecânicas na formação.....	179
Tabela 6.26. Custos energéticos dos transportes (incluída a mão-de-obra do motorista) na formação.....	180
Tabela 6.27. Custos energéticos dos insumos na formação.....	181
Tabela 6.28. Custos energéticos da mão-de-obra na formação.....	182
Tabela 6.29. Custos de energia no cenário sustentado para a formação.....	183
Tabela 6.30. Custos energéticos de operações mecânicas nos tratos culturais.....	183
Tabela 6.31. Custos energéticos dos insumos nos tratos culturais.....	184
Tabela 6.32. Custos energéticos da mão-de-obra nos tratos culturais.....	184
Tabela 6.33. Custos de energia nos tratos culturais das soqueiras para o cenário sustentado.....	184
Tabela 6.34. Custos energéticos para cenário sustentado, por hectare.....	185
Tabela 6.35. Custos energéticos para cenário sustentado, por tonelada de cana.....	186

Tabela 6.36. Planilha resumida - Energia despendida por tonelada de cana - Mcal.....	186
Tabela 6.37. Planilha resumida - Energia despendida por hectare - Mcal.....	187

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Classificação de teor alcoólico e usos.....	34
Quadro 2.3. Média de produção de cana por hectare - Cia. agrícola.....	48
Quadro 3.1. Avaliações da energia despendida para obtenção de fertilizantes nitrogenados - autores e valores. Mcal/kg.....	62
Quadro 3.2. Quantidade média de nitrogênio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.....	64
Quadro 3.3. Avaliação da energia despendida para obtenção de fertilizantes fosforados - autores e valores (Mcal/kg).....	67
Quadro 3.4. Quantidade média de potássio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.....	70
Quadro 3.5. Avaliações da energia despendida para obtenção de fertilizantes potássicos - autores e valores (Mcal/kg).....	70
Quadro 3.6. Quantidade média de cálcio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.....	75
Quadro 6.1. Produção média por corte (ton/ha).....	160

CAPÍTULO 1

QUANTO CUSTA PRODUZIR CANA-DE-AÇÚCAR. OS VALORES E O MEIO AMBIENTE

1. AS RAZÕES DE VALORAR FUNÇÕES AMBIENTAIS COMO FATORES DE PRODUÇÃO. A ENERGIA COMO MOEDA

Como não existe geração de energia, seu valor para a humanidade reside principalmente no controle dos ciclos de sua captação, transformação, concentração, transporte, estocagem, uso e na sua disposição no retorno ao ambiente. Cada uma destas fases tem políticas de gerenciamento baseadas em decisões sociais de uso dos recursos energéticos.

Os materiais contendo energia naturalmente concentrada são arduamente disputados num mercado que envolve dinheiro e armas, sendo o domínio da tecnologia de seus usos e sua posse uma das funções determinantes nos processos de evolução civilizatória.

O tamanho das reservas mundiais de carvão, petróleo e urânio é razoavelmente conhecido, como também são conhecidas as concentrações dos minérios e distribuição geográfica das reservas, distribuição social do consumo e volume do consumo mundial destes concentrados energéticos. Para as atuais taxas de consumo o restante recuperável de petróleo disponível no mundo

durará apenas cerca de 100 anos, segundo Goldemberg (1988), e o tempo despendido naturalmente para concentração de energia em materiais como o petróleo é da ordem de milhões de anos.

Foi nas décadas de 70 e 80 que mais apareceram estudos de previsão de finitude dos recursos energéticos, com destaque para Georgescu-Roegen (1972) que, além de analisar a disponibilidade dos recursos energéticos e a entropia dos sistemas, deu importante contribuição para a compreensão dos mecanismos de preços reguladores, tecnologias salvadoras, a entropia negativa e a geração de energia - os mitos dos anos 70.

As previsões catastróficas estão atualmente sem destaque, em especial depois de se constatar que a escassez de energia pode ser um forte estimulador para novas tecnologias mais suaves no consumo e que o aumento de preços aliado a novas relações sociais com o ambiente e com o consumo indicam posturas também mais economizadoras de energia¹.

O processo de formação da riqueza além de ser um movimento social é geralmente realizado pela posse de bens originados do meio ambiente e modificados pela retirada ou alteração de suas propriedades, ou mesmo pela posse ou domínio de ecossistemas ou recursos minerais. No que se refere à energia, o mesmo processo de formação de riqueza se dá com relação à posse deste recurso, agora combinando a desacumulação realizada em milênios no ambiente, o que implica ainda em degradação das fontes da riqueza e do ambiente da emissão dos resíduos.

Quando há um processo de geração de um insumo e de produção de bens e seus usos ou consumos há necessariamente energia movendo este sistema e uma determinada eficiência associada a este processo. Segundo Commoner (1977),

¹ O país de 1980 a 1993 passou a despendar 2,431 vezes menos energia para produzir a mesma quantidade de produtos.

"From Second Law efficiencies it appears that about 85 percent of the work available in the energy presently consumed is not applied to the work-requiring tasks of production system - it is wasted".

No Brasil a distribuição do consumo de energia é o reflexo da distribuição desigual da renda, com substancial parte dos benefícios privatizados e os débitos referentes à geração, distribuição, poluição e desacumulação ambiental relacionadas à energia custeados pelo poder público. Entretanto, os novos tempos de democracia indicam que o controle da eficiência dos processos geração-consumo-rejeitos de energia começam a se tornar assuntos coletivos, rompendo a rígida estrutura herdada da ditadura, quando a tecnocracia de empresários e militares decidia arbitrariamente.

A maior parte da atenção acadêmica e governamental em relação à eficiência da energia são referências à captação, transformação, concentração, transporte e estocagem de matéria-prima e energia comercial. Sem dúvida são também as etapas de maiores dispêndios energéticos e nas quais podem ser realizadas ações reguladoras de grande impacto. O alvo deste estudo está situado nessas fases.

As fases de uso e de disposição da energia utilizada no ambiente, em forma entrópica de menor capacidade de realizar trabalho, são aquelas que atualmente recebem grande atenção pública no que se refere aos custos ambientais. As referências científicas e nos meios de comunicação quanto à utilização do álcool carburante e seus efeitos ambientais se reportam quase que unicamente à redução de poluição do ar no seu uso comparado com hidrocarbonetos.

✦ O Brasil montou um gigantesco programa de produção de biomassa a partir de cana-de-açúcar, biomassa que após ser transformada em álcool se destina à

combustão em veículos leves. A função de transportar pessoas em veículos leves transformou a produção agroindustrial nas regiões de maior produtividade agrícola do país: foram e continuam sendo despendidas fabulosas quantias de capital público a título de subsídios perdidos para incentivo de desenvolvimento do setor de produção de álcool, e contudo o país ainda não tem política definida para o setor.

Quando da implantação do PROÁLCOOL não se sabia ao certo se se estava realmente obtendo mais energia do ambiente do que aquela que se despende produzindo o álcool. Não foi encontrada nenhuma referência às contribuições que o meio ambiente faz, como capital investido, para que o álcool possa ser produzido.

É bastante difundida a técnica de avaliar agroecossistemas usando fluxos de energia. Entretanto, os fluxos analisados são aqueles em que os sistemas produtivos industriais são mais facilmente mensuráveis por usar formas comerciais de energia. Por outro lado são também de domínio extenso as análises de ecossistemas usando as medidas energéticas como meio de mensuração. Este trabalho vem juntar estas medidas, sendo a produção de cana com fim energético o alvo deste estudo.

Entre 1978 e 1979² um renomado grupo de pesquisadores apresentou resultados de pesquisas que indicavam um ganho energético acentuado na produção de álcool etílico a partir da cana-de-açúcar. Estes trabalhos tiveram repercussão acadêmica internacional e foram publicados na revista Science (Goldemberg, 1975) e apresentados em simpósios na Califórnia (Goldemberg, 1979a) e em Viena (Goldemberg, 1979b) com pequenas alterações em relação ao original. Os resultados indicavam ganhos calóricos da ordem de 4,53 calorias para cada caloria investida, sendo depois a análise reavaliada pelo

² O PROÁLCOOL nasceu em 1975, e na época dos estudos referidos ainda se iniciava a efetiva implantação do programa.

PLANALSUCAR (1981) indicando ganho de 4,84 caloria por caloria investida, com previsão deste fator passar a 10,9 no futuro. Estes dados iniciais tiveram muita importância na definição do programa. Tais trabalhos avaliavam na época o ganho energético de um ambicioso programa que visava tirar o país da dependência do petróleo importado, redistribuir renda e diminuir desigualdades regionais.

Em estudo mais recente, Goldemberg (1988), ao analisar os principais insumos comerciais para a produção de álcool, conclui que os gastos energéticos correspondem a cerca de 25% do conteúdo energético do produto final, que cerca de 70% do total gasto se dá na fase agrícola e que do total da fase agrícola 40% se dá em forma de combustível. Se o combustível for o próprio álcool, o ganho energético seria enorme, afirma o autor.

Quanto realmente está custando a geração da energia do álcool a partir da cana? A resposta a isto somente pode ser obtida no caso de situações particulares, em localizações geográficas, ambientais, temporais e tecnológicas de cada sistema produtivo. A busca de todos os fatores ambientais envolvidos na produção de bens e funções da produção da cana é uma tarefa hercúlea que vai se desvendando à medida que são oferecidos novos dados da ciência dos ecossistemas.

A determinação de valores de componentes ambientais esbarra também na definição da posse e apropriação dos recursos naturais. Maxwell (1989) as chama de armadilhas sociais :

"Social traps abound in the environmental policy area because of the abundance of imperfectly owned and common property resources. To run these traps into trade-offs, we must calculate the long term social cost of activities with

environmental impacts and change those costs to the responsible parties in the short run".

Esta tese tem a pretensão de oferecer mecanismos e dados auxiliares nestas valorações ambientais.

2. O PROGRAMA BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DO MEIO AMBIENTE

A análise de projetos e de sistemas produtivos supera cada vez mais, atualmente, a tradicional separação entre o valor econômico definido no custo-benefício e a valoração de aspectos difíceis de quantificação, aspectos tais como a qualidade de processos e produtos, a significância social e a relação que o sistema tem com seu meio ambiente - principalmente para os sistemas de produção de insumos energéticos.

As tentativas de tratar separadamente a questão ambiental, a escassez energética e a ordem sócio-econômica geram análises frágeis e incompletas, mostrando que são faces da mesma moeda. Análises parciais servem apenas para objetivos locais de subsistema.

O megaprojeto brasileiro PROÁLCOOL nasceu, cresceu e vigora ainda sem conhecimento profundo das relações ambientais que a produção de cana tem com os ecossistemas regionais. A informação sobre o projeto é volumosa, mas ainda podem ser feitas contribuições sobre o funcionamento físico, ambiental e econômico dos agroecossistemas produtores de cana, considerando agora as externalidades ambientais que certamente teremos que pagar e que já estamos todos pagando em alguns casos.

No início da implantação do PROÁLCOOL a referência ao meio ambiente se dava quase que unicamente em relação ao vinhoto, e posteriormente em relação à queima da cana e à combustão do álcool. Entre as preocupações ambientais buscava-se verificar os níveis de suporte dos rios e do solo³ ao lançamento de vinhaça.

Nos primeiros estudos de viabilidade e do início da implantação do PROÁLCOOL, o meio ambiente não foi sequer tratado entre os temas secundários. Nos vários relatórios e documentos produzidos pelo poder público sobre o PROÁLCOOL, até a década de 80, não foi encontrada referência às implicações ambientais da produção de cana. Um documento elaborado pelo CNPq em 1978 e coordenado por Anciães (1991) chega a abrir um capítulo sobre poluição e produção de álcool, mas fica no lançamento de vinhaça e na queima do combustível. Vale lembrar que não só o lançamento da vinhaça nos rios e lagoas não ocorre mais como atualmente a vinhaça é concentrada e vendida para fertirrigação. Outro relatório que foi marco referencial⁴ para o programa, coordenado por Szmrecsányi (1987), não menciona a sustentabilidade ambiental do programa, e em nenhuma linha é mencionado que há um meio ambiente envolvido.

Entre os defensores mais evidentes e enfáticos do PROÁLCOOL, o meio ambiente é visto como beneficiário do programa. Ressalta-se a superação dos problemas da vinhaça e as benesses da combustão mais limpa do álcool em relação à gasolina. Um exemplo de propaganda do programa inserida na forma de material acadêmico pode ser apreciada em Magalhães (1991).

³ Dois exemplos destes estudos são de Casarini (1989) e Cruz (1991).

⁴ O governo estadual de São Paulo através do Conselho Estadual da Energia estabelece as diretrizes relativas à produção, distribuição e uso de energia no Estado de São Paulo e por delegação do governo federal dá parecer técnico sobre a validade e conveniência da instalação, ampliação e transformação de destilarias em território paulista. Para dar suporte ao Conselho foi montada uma equipe multidisciplinar composta por expoentes conhecedores da questão energia-agroindústria canavieira, que gerou o tal relatório.

O físico Rogério de Cerqueira Leite, ao escrever sobre o programa, chega a gerar novas leis da Física quando diz que

" toda atividade econômica baseada em produção agrícola pode ser , em princípio pelo menos, inerte quanto a sua atuação sobre o meio ambiente. Toda e qualquer aplicação de biomassa energética constitui um ciclo fechado, auto-suficiente pelo menos quanto às substâncias químicas participantes. A biomassa tem, pois, potencialmente uma grande vantagem do ponto de vista ecológico em relação a combustíveis fósseis não-renováveis, pois a utilização da biomassa energética deixa o meio ambiente no mesmo estado em que estava quando a operação se iniciou" (Leite, 1990) .

O físico além de encontrar o moto-contínuo definiu estados de meio ambiente que permanecem inalterados após a agricultura.

A área plantada de cana na região em estudo não é significativa quando tomada a área total do país, mesmo considerando a área agricultada do país. Entretanto, para algumas regiões do estado de São Paulo (onde foi realizada esta pesquisa) a cana conforma uma paisagem contínua de "mar de cana" com implicações que serão descritas e valoradas neste trabalho. Não se pretende indicar a cana como uma problema generalizado, mas neste estudo se procura analisar a região do país onde também se aplicam técnicas que melhor tratam o ecossistema, com melhores equipamentos, pesquisas, fiscalizações, mão-de-obra especializada; enfim aqui pode ser encontrado o melhor cenário do país para a produção da cana. O objeto de estudo selecionado foi uma empresa que francamente recebe pesquisadores e abre seus dados, sendo considerada a mais moderna do país e que claramente define seus objetivos como sendo de uma empresa que maneja o meio ambiente para produzir bens.

3. OBJETIVOS DESTA TESE

Esta tese tem como objetivo principal definir os valores dos elementos que participam do agroecossistema de produção de cana-de-açúcar e avaliar cenários alternativos em um sistema moderno da região noroeste do estado de São Paulo. A avaliação percorre desde a contabilização dos fatores de produção comerciais até as considerações das externalidades ambientais.

Para a consecução deste objetivo são definidos valores para os bens e funções componentes do processo produtivo da cana e avaliados os dispêndios de energia dos sistemas de produção em três cenários: o comercial, com os dispêndios de energia das planilhas de custos das empresas, o cenário das considerações dos dispêndios energéticos ambientais chamados de externalidades, e o cenário da produção sustentada onde pouco se desacumula do ambiente.

Com este objetivo pretende-se fornecer mecanismos auxiliares de valorações para as análises de processos que envolvam impactos e alterações ambientais.

Uma contribuição que este trabalho pretende gerar é capacitar os produtores de cana e órgãos governamentais a realizar análises energéticas de processos, envolvendo também os processos orgânicos e o ambiente, e a identificar perdas de energia e os locais onde são possíveis melhorias, auxiliando na definição destas melhorias.

As recomendações de seqüências a este trabalho contidas no capítulo de conclusões contêm as indicações de como aprimorar e ampliar a análise aqui iniciada. Esta tese pretende auxiliar a abertura de caminho, com o método e as

principais definições de custos energéticos ambientais. Para que a seqüência da análise possa ser completa e abranger o maior escopo que as informações disponíveis permitirem, deve receber atenção de instituição com infra-estrutura técnica e suporte científico. Percorrer a análise da extensão de todas as variáveis e suas implicações ambientais é possível, mas demanda o financiamento e vontade política de entidade com muitos funcionários, equipamentos e capacidade técnico-científica.

Nas descrições das limitações deste trabalho também estão contidas possibilidades de ampliação da análise proposta, que certamente seriam mais bem tratadas por especialistas em cada tema e ampliariam em muito a análise.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados quantitativos dos fatores de produção de cana foram obtidos diretamente na empresa em estudo. Os dados de valoração de fatores de produção em termos energéticos foram avaliados segundo estimativas de fontes secundárias citadas no texto e segundo adequações apropriadas às condições locais, que são detalhadas ao longo deste trabalho. Os custos financeiros e sua relação com valores energéticos foram apropriados também às condições locais e temporais a partir de dados secundários citados no texto.

A identificação, caracterização e arrazoado da escolha da empresa definida como paradigma estão descritas no capítulo 2. No capítulo 3 são definidos os custos financeiros e energéticos dos fatores de produção diretamente usados e estimadas as implicações ambientais do uso destes fatores. Cada item componente do processo produtivo e o recurso natural envolvido têm sua descrição do método de valoração empregado.

A seguir o meio ambiente passa a ser o centro da atenção, começando com a discussão sobre legislação e meio ambiente envolvendo a cana, para então serem discutidos aspectos mais detalhados sobre água, ar, solos, biota, espaço e sobre a energia envolvida no manejo e uso destes recursos ambientais pela agricultura da cana. Este é o capítulo 4.

O capítulo 5 combina as informações levantadas e geradas ao longo do texto, conformando planilhas de custos financeiros e dispêndios energéticos para a produção da cana. Finalmente são montados os cenários propostos, onde as planilhas do capítulo 5 são primeiramente analisadas como não existindo o meio ambiente, como existindo este meio ambiente e com custos energéticos, e finalmente como se o agroecossistema fosse planejado para produzir com mínimos gastos ambientais.

São usadas unidades monetárias norte-americanas - US\$ e unidades calóricas - Mcal para as valorações.

4.1. As leis da termodinâmica e a produção de biomassa

O conhecimento recente sobre materiais, energia e meio ambiente mostra cada vez mais claramente os limites da escassez material e a fragilidade dos ecossistemas do planeta.

A mesma ciência que pôs abaixo o mito da infinitude dos recursos naturais nega também agora outro mito: o de ser a panacéia inventora de recursos quando escasseiam aqueles que a tecnologia do momento dilapida. O físico e ex-ministro José Goldemberg (1988) profeticamente diz que *"o futuro da energia é mais matéria de escolha que de previsões"*.

O primeiro princípio termodinâmico, a lei da conservação de energia, indica que a quantidade de energia em um sistema fechado é constante, e esta

quantidade de energia só pode se alterar pela adição ou subtração de energia ao mesmo sistema.

Num ecossistema temos uma dada energia disposta em materiais e em potenciais e uma suave chuva energética vinda do sol alimentando continuamente o sistema. A energia dos materiais ou funções torna-se recurso pela transformação (de biomassa a calor p. ex.) e movimentação, determinando o valor do recurso⁵. O valor do recurso é dimensionado ainda pela sua demanda e escassez.

Quem rege a passagem ou mudança de forma de energia é o segundo princípio termodinâmico. Quando a energia que está armazenada em um determinado nível, ou concentrada em materiais, sofre transformação passando a maior grau de dispersão ou a nível mais baixo, esta energia tem sua quantidade inalterada dentro do sistema, mas agora tem menor capacidade de realizar trabalho. É a entropia do sistema que aumentou.

Uma exceção entre os processos produtivos que caminha contrário à elevação entrópica, pela contínua entrada de energia, é a da fotossíntese, que recebendo a radiação solar realiza a concentração e organização de elementos inorgânicos em novas formas orgânicas, estas com maior capacidade de realizar trabalho e com funções interessantes ao suporte da vida nos ecossistemas. Segundo Phillipson (1977), "*vegetais verdes são os principais responsáveis pela fabricação de materiais de alta qualidade energética, necessários para a manutenção da vida*".

A transformação de ecossistemas em agroecossistemas é feita entretanto com uso intensivo de energia. Todo o sistema de plantas superiores do ecossistema precisa ser controlado ou mesmo eliminado, para restringir a competição com a planta objetivada. Além disso toda a biota original e

⁵ Um exemplo é a energia das águas termais do subsolo em temperaturas que não permitem mudança de estado, incapazes de gerar energia comercial, não tendo portanto atualmente valor energético.

invasora também deve ser controlada, sendo a variedade plantada objeto ainda de cuidados com sua alimentação, irrigação, corte e replantio.

Na busca por materiais com alta concentração energética e de fácil manejo, o país optou por investir na biomassa, acreditando poder retirar mais do ecossistema que a energia ali investida.

4.2. A engenharia econômica e os fluxos de energia nos agroecossistemas

O meio ambiente não é apenas uma base onde se assentam processos de produção e consumo. A posse e uso de materiais e recursos ambientais pelo homem é uma das bases da economia, sendo que agora o que se busca é a valoração de fatores ambientais, que se transformam em bens, integrando e ampliando a determinação da dimensão econômica destes bens pela sociedade.

O uso de ecossistemas para fins produtivos envolve custos diretos que compõem os preços no mercado dos produtos ali produzidos. Entretanto existem aqueles custos, chamados de externalidades, que são de razão mais de decisões sócio-econômicas, pois serão pagos coletivamente em prazos médios e longos. Hohmeyer (1994) cita para a questão da energia:

"O princípio básico da abordagem econômica com vistas à solução de um problema é que, em última instância, todas as conseqüências negativas de tecnologias energéticas produzem danos. Quando tais prejuízos atingem pessoas que não podem tirar proveito dos processos que o ocasionaram, estes passam a ser definidos como custos sociais ditos externos. Uma vez que nas economias de mercado a grande maioria de todos os processos econômicos de decisão é regulada pelos preços de mercado, têm-se, no caso da existência de custos sociais elevados, graves distorções, que

podem ocasionar perdas econômicas substanciais. Uma comparação de custos meramente técnico-financeira de dois sistemas energéticos concorrentes com base nos preços de mercado pode fazer com que os investimentos em uma certa tecnologia conduzam a custos menores de energia. No entanto, levando-se em consideração todos os custos que os sistemas causam para a sociedade, esta tecnologia supostamente mais conveniente pode revelar-se a tecnologia de custos mais elevados. Posto que usualmente não seja a sociedade como um todo que decide sobre o emprego dos sistemas energéticos, mas investidores privados, o perigo de manobras equivocadas persiste, pois nem todos os custos sociais se espelham nos preços de mercado".

No mesmo trabalho o autor indica que os principais problemas encontrados são: relacionar os danos com suas causas, os efeitos a longo prazo não previsíveis, e finalmente a quantificação em unidades monetárias dos danos ao ambiente e à saúde humana. Em seguida o autor indica a inserção de tais custos nas Análises de Impacto Ambiental como forma de previsão e mitigação dos impactos negativos.

May (1995), referindo-se aos efeitos perversos ambientais do desenvolvimento, aponta que se deveria

"assegurar estes custos indiretos do desenvolvimento fossem identificados e reduzidos e que aqueles que tivessem um declínio em bem-estar fossem adequadamente compensados por suas perdas. No entanto, para obter algum sucesso, as negociações globais requerem que as pessoas percebam o mundo como um sistema de valores semelhantes,

concordem com a extensão e natureza destas perdas e estejam dispostas a fazer ajustes compensatórios em seus comportamentos ou pagar para amenizar os custos ambientais".

Quando se trata dos custos ambientais inerentes aos processos produtivos, é comum a alusão de que a conta deste desenvolvimento deve ser paga por alguém. Certamente alguns processos, tal como a mineração, exigem operações envolvendo o meio ambiente cujos custos são de grande vulto. Entretanto, a ciência e as técnicas estão continuamente oferecendo possibilidades de produzir mais e com melhor qualidade no trato ambiental. As melhorias nos processos produtivos, mesmo os de transformação de energia, podem associar à produtividade a qualidade de processos, de produtos e do ambiente.

Os instrumentos para mensuração das alterações ambientais são de difícil padronização, já existindo uma ampla gama de indicadores e índices que combinados podem fornecer compreensão resumida dos processos. Estes indicadores e índices são representações da realidade e devem ser apropriados a cada situação temporal, e de acordo com a estrutura social, econômica e geográfica do ecossistema.

O uso de unidades de energia é corrente nas análises de ecossistemas. Entretanto, são combinados diferentes tipos de energia com diferentes capacidades de realizar trabalho e principalmente com diferentes capacidades de gerar funções de força (forcing functions) que controlam e comandam subsistemas. Odum (1989) tenta esclarecer a questão com um conceito cujos índices de energia são particulares para cada processo ou produto. Neste trabalho serão destacadas as formas de energia mais caracterizadas por gerar funções de força⁶.

⁶ Fator modificador segundo o Glossário de Ecologia. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. 1987.

A valoração do ambiente alguns anos atrás tinha apenas dois valores possíveis, segundo Pillet (1992): nulo ou infinito, ou seja, bens e serviços oriundos de recursos naturais e capacidades de regeneração e assimilação de biosfera não teriam preço. Estão sendo explorados sem pagamentos ou estão protegidos por razões patrimoniais ou de raridade absoluta e seus preços não são mensuráveis. Este é o desafio, definir preço ao que não tem preço.

Um bem ou serviço terá valor de mercado e preço se houver concorrência por este bem ou serviço em função da escassez absoluta ou relativa das funções exercidas, e se a sociedade assim o definir. A água, por exemplo, pode gerar eletricidade, abastecimento, irrigação, uso industrial, via de transporte, lazer, e pode ainda cumprir papel ecológico em funções de força nos ecossistemas, cujos valores somente aparecerão à sociedade se esta assim os definir em comparação com outros usos e valores desta mesma água.

Teoricamente o valor econômico de ambiente deve conter, além do valor imediato de uso do bem ou serviço, o valor futuro, mesmo opcional, e o valor de não-uso ou valor intrínseco ambiental. Quando o valor do ambiente fica incompleto, ou um preço é definido incompletamente, ocorre uma superexploração do bem ou função, ocorrendo também a poluição e conseqüente redução do capital natural.

A formação de valores ambientais, tal como o lançamento de um produto totalmente novo no mercado, é tarefa de difícil definição, com algumas funções de sistemas naturais subvalorizadas ou sem valores financeiros e com demandas ocultas principalmente tratando-se de bens cujas posses são mal definidas ou são reguladas socialmente, refletindo os desajustes sociais e suas representações políticas.

5. A VALORAÇÃO DE BENS E FUNÇÕES AMBIENTAIS

As medidas do ambiente com valores comuns podem tomar formas diversas. Podem ser expressas em unidades financeiras do país que se quiser, podem assumir formas de fluxos energéticos, podem ser expressas em quantidades do próprio bem medido, e ainda assumir formas vagas e pouco definidas em descrições de sentimentos.

Como forma econômica, os bens ou funções ambientais primeiramente devem ser considerados como valor pela sua escassez, pela sua utilidade para uso ou posse, ou como tendo alguma importância social por cuja manutenção deva existir um pagamento. O próprio não-uso do bem ou função é uma forma de pagamento, pois deixa-se de obter vantagens imediatas em função de ganho futuro ou de aumento de valor coletivo.

A valoração de bens ou funções ambientais, para que seja completa, tem de contemplar três aspectos⁷ :

- O valor de uso imediato e suas formas comerciais ou potenciais cujos valores financeiros possam ser apurados.
- O valor de opção de uso imediato ou a possibilidade contrária de economizar o bem para uso futuro ou mesmo o não-uso.
- O valor que o bem ou função tem como capital do próprio ecossistema, cuja extração ou manejo determina perda de qualidade ou redução do ecossistema.

Seria ideal que toda e qualquer avaliação de interferência ambiental contivesse uma valoração completa dos possíveis resultados desta interferência. Neste trabalho cada item ambiental que seja fator de produção no agroecossistema será analisado e receberá valoração de acordo com a

⁷ A esta composição Pillet (1992) chama "valeur économique totale".

disponibilidade de dados que foi obtida. É uma aproximação que espero seja continuada para a compreensão da economia e dinâmica dos agroecossistemas da cana-de-açúcar.

As medidas de valoração econômica dos ecossistemas podem ser classificadas em cinco grupos: os preços, as medidas de produtividade, o ecossistema como capital, os valores incertos e os valores dos ecossistemas no tempo.

5.1. Os preços

5.1.1. Preços de mercado. Começando pela mensuração mais difundida, as medidas que atribuem preços a bens e funções podem ser tomadas em valores monetários já em uso corrente que a sociedade determinou como o valor aceitável. Este preço já contempla a questão da escassez e o domínio tecnológico do uso do bem ou serviço, assim como a demanda determinando um mercado já estruturado. Aí estão por exemplo os minerais comercializáveis.

Outros preços mais sofisticados são obtidos em pesquisa direta com o público, quando são questionados os interesses em termos financeiros despertados pelo ambiente⁸. As medidas são as disponibilidades de pagar e de aceitar mudanças ambientais que venham a interessar os indivíduos. Os objetos podem ser tanto o mico-leão-dourado quanto a poluição do ar que o sujeito respira.

5.1.2. Disposição de pagar. É o valor econômico que o indivíduo aceita pagar por melhoria ou preservação de bem ou serviço ambiental.

5.1.3. Disposição de aceitar. É o valor econômico de compensação financeira para um indivíduo pela diminuição ou perda de qualidade ou valor ambiental.

⁸ A disposição de pagar e disposição de aceitar são índices usados por vários autores e bem detalhados por Maxwell (1989).

5.1.4. Intensidade energética⁹. Um terceiro preço é aquele definido em termos entrópicos, já bastante difundido, que mede a intensidade energética que flui pelo ecossistema. Preferencialmente será usada esta forma de valor neste trabalho, considerando todas as restrições deste índice já comentadas neste capítulo.

5.2. A produtividade

As medidas que relacionam níveis de produtividade nos ecossistemas procuram diferenciais e relações entre capitais empregados e rendimentos de produção.

5.2.1. Diferenciais de produtividade. Os índices diferenciais de produtividade relacionam quantidades financeiras investidas ou economizadas, correspondendo a mudanças de estado nos sistemas. Podem assumir as formas das relações:

$E1 - E2 / \$ \text{ inv. ou } \$ \text{ eco.} / P1 - P2$, onde

$E1$ e $E2$ sejam estados dos ecossistemas

$P1$ e $P2$ sejam produtividades obtidas nos ecossistemas

$\$ \text{ inv.}$ e $\$ \text{ eco.}$ sejam a quantidade de dinheiro investida ou economizada.

5.2.2. Rendimento energético¹⁰. Os índices que tratam de rendimentos de produção relacionam energia com valores e com produtos.

O primeiro verifica a eficiência do uso da energia, dividindo-se o valor adicionado gerado pelo ecossistema por cada unidade de energia despendida.

O segundo verifica também a eficiência do uso da energia, dividindo o total de energia despendida pelo ecossistema para gerar uma unidade do produto.

⁹ Este conceito foi adequado do "prix-intensités" de Pillet (1992).

¹⁰ Índice encontrado em Herendeen (1989).

5.3. Ecossistema como capital

Os ecossistemas e seus subsistemas podem ser considerados como bens de capital, de acordo com interesses sociais. Na Suécia as renas têm passagens sob rodovias porque a sociedade considerou que valia a pena gastar seu capital em renas soltas, ainda que aparentemente o retorno deste dinheiro empregado seja longínquo e difuso. Mas na maior parte das vezes os ecossistemas têm mais valor do que a sociedade concebe, e por interesses mesquinhos e antidemocráticos não se atribuem corretamente estes valores, com perda de capital para a sociedade e ganhos privados. Neste campo, nunca encontrei uma teoria liberal em que a otimização e competitividade de ganhos privados na gestão de ecossistemas produtivos devesse levar à otimização do manejo do ecossistema maior de forma sustentada. Esta área da ciência tem produção acadêmica vigorosa, principalmente nos países avançados, que já superaram a utilização primária de seus ecossistemas como forma de sustentação econômica. Estes países atribuem altos valores aos seus ecossistemas; concomitantemente suportam suas empresas que investem na exploração de ecossistemas subvalorados em outros países.

5.3.1. Capital natural. É definido quando um bem ou função componente do ecossistema pode ser capaz de gerar outras funções que tenham valores de uso ou consumo e possa participar do mercado com preço definido. Exemplos de bens evidentes são o solo, água e plantas, e exemplos de funções com evidência mais difusa são paisagens, a autodepuração de rios e o esgotamento de reservas minerais.

5.3.2. Valor líquido ambiental. A capacidade do Capital Natural de gerar função econômica pode ser medida pelo valor líquido ambiental, que é a quantidade deste capital por unidade da função gerada.

5.3.3. Valor de contribuição ambiental. É o valor de cada subsistema que seja parte do Capital Natural, se este componente ou função gera benefícios de ordem econômica à sociedade. A quantificação do valor é feita de acordo com a importância do subsistema em termos de preços de mercado acrescido de seu papel na manutenção e existência do ecossistema.

5.3.4. Valor intrínseco ambiental. Para a manutenção e existência do ecossistema ocorrem processos e são exercidas funções em componentes de subsistemas, que quando alterados provocam efeitos sinérgicos cujos resultados podem ser o aumento ou diminuição do capital natural, ou ainda nova ordem constitutiva do ecossistema que a sociedade considere como alteração de valor. Este é o valor intrínseco do bem ou função ambiental.

5.3.5. Valor cultural ambiental . Os bens culturais de uma sociedade são constituídos por obras, trabalhos e conjunto de conhecimentos cujos valores são estruturados pela importância artística, por serem referências históricas e formadoras originais de conhecimento e por gerarem condições civilizatórias materiais e culturais à sociedade. Entre os bens culturais mais modernos está a nova relação de comunhão entre homens e a natureza, considerando-se como bens ambientais não apenas as reservas e parques, mas ampliando-se os valores do mundo físico e orgânico a condições de participantes dos universos espirituais individuais e coletivos. Estes valores têm dinâmicas semelhantes àquelas das artes e patrimônios históricos.

5.4. Valores incertos¹¹.

À medida que se vai afastando do comércio e do mercado, vai se tornando imprecisa a valoração econômica de qualquer bem. Em se tratando do meio ambiente, a valoração de determinados aspectos fica também muito incerta, podendo existir entretanto alguns mecanismos de mensuração que podem ser usados.

5.4.1. Preços hedônicos. O hedonismo é a cultura do prazer, uma das principais funções que move a economia do turismo e lazer, e uma das funções da própria existência humana para muitos. As quantias de dinheiro envolvidas no setor justificam a manutenção e manejo de ecossistemas e recursos naturais, e mesmo sustentam a economia de grandes regiões. A cidade do Rio de Janeiro perderia muito sem o Pão de Açúcar, e com certeza mesmo a população que não tira proveito do turismo tem grande apreço por seu belo visual. A avaliação de propriedades assemelhadas quanto ao tamanho e qualidade da construção, localizadas uma próxima a recurso natural belo e outra próxima a situação ambiental depreciativa, é uma maneira fácil de compreender o preço hedônico, pois terão preços de mercado bastante diferenciados. Uma forma de realizar esta valoração é pelo levantamento do preço da "disposição de pagar" ou da "disposição de aceitar" descrito anteriormente.

Esta valoração contingente¹² de bens sem valor definido de mercado se mistura ainda com a opção de uso futuro preservando o bem, com a opção altruísta ou filantrópica de legar o bem para outros mais necessitados, e com o valor da satisfação pessoal de manter a existência do ecossistema ou espécie. Tudo isto implicando em custos financeiros.

¹¹ Para maior aprofundamento ver Cairncross (1992) e May (1995)

¹² Termo usado por May (1995)

5.4.2. Custo de viagem. Caso o ecossistema seja atração de turismo, lazer ou associado a uso lúdico, podem ser medidas as despesas que o indivíduo se dispõe a realizar para deslocamento até o local no usufruto do lazer. Podem também ser avaliadas todas as receitas oriundas de atividade ligada ao ecossistema e ter uma medida de valor do mesmo pelas quantias despendidas.

5.5. Valores dos ecossistemas no tempo

Os valores que os ecossistemas e recursos naturais assumem variam muito fortemente no tempo. A escassez de elementos ou restrição na utilização de funções encarece o recurso e em alguns casos determina posse e preço quando o recurso era de domínio público. Ocorre também a melhoria do bem ou função pelo manejo, quando há investimento visando incrementos ou restrições em funções, ou mesmo na determinação de reserva do ecossistema. A própria terra já foi devoluta no Brasil, chegando mesmo a existir incentivos à posse na região amazônica.

As medidas de valor abaixo relacionam a variável tempo com as demais medidas descritas anteriormente.

5.5.1. Despesas preventivas. São os gastos que o usuário de recurso natural ou ecossistema tem de realizar em virtude de utilização anterior que retirou valor ou qualidade das propriedades do capital natural.

5.5.2. Custos atualizados. Os valores que o recurso natural vai assumindo no tempo e os valores monetizados que os investimentos, custos e retornos obtidos assumem podem ser atualizados a valores presentes ou distribuídos ao longo do tempo com mecanismos da matemática financeira.

5.5.3. Taxas de desconto no tempo¹³. Para executar atualizações é necessário definir as taxas que corrigem os valores. Uma taxa positiva indica

¹³ Para maior detalhamento sobre as taxas ambientais ver Cairncross (1992), e sobre energia Goldemberg (1988).

ser mais vantajoso usar o recurso natural hoje, sendo que as taxas negativas indicam maior valor do bem no futuro. Ainda não existe um superbanco central da natureza para regular estas taxas, muito menos um mercado regulador. O Banco Mundial exigia taxas de retorno mínimas de 10% a.a. para seus investimentos, as quais não são compatíveis com manejos sustentados de ecossistemas. Atualmente as taxas são mais moderadas quando envolvem ecossistemas produtivos.

5.5.4. Valor de opção de não-uso. Para que as taxas de desconto de recursos naturais sejam negativas há que se pagar valores com o fim da reserva deste recurso. O não-uso do capital natural implica em custos que seriam então considerados como investimentos¹⁴.

6. OS LIMITES DESTA TESE

Não se pretende neste trabalho discutir o produto final "álcool carburante" e seu uso. Não se pretende também discutir a questão energética nacional e regional e suas implicações sociais. São assuntos instigantes, com volumosa e profunda bibliografia e temas de acaloradas discussões da atualidade, mas que fogem ao escopo deste trabalho.

Este trabalho parte de informações secundárias quando do uso de dados energéticos e de ecossistemas, informações consolidadas em um ambiente acadêmico novo e muito dinâmico. Os dados de campo sobre fatores de produção foram obtidos diretamente.

O uso de medidas energéticas para análises de sistemas tem limitações fortes no próprio conceito da energia contida no material e energia despendida

¹⁴ O termo Option Value foi encontrado em Maxwell (1989) e a definição expandida pelo autor.

em processamentos. As diversas formas que a energia assume, desde potenciais de realização de trabalho até movimentos eletrônicos que armazenam dados, têm qualidades intrínsecas que a rigor deveriam ser consideradas em escalas diferenciadas. Entretanto, tal como as unidades monetárias e a inflação são definidas como valores também de acordo social, as medidas de energia que serão usadas neste trabalho receberão destaque sempre que tiverem características qualitativas diferenciadas.

Algumas formas de contribuição à produção de cana não receberão considerações quantitativas neste trabalho. Elas estariam em localização elevada em uma hipotética escala de valores entrópicos, pois para sua consecução foram despendidos esforços muito superiores àqueles medidos diretamente nas operações produtivas. Não será considerada a infra-estrutura de suporte aos trabalhadores (educação¹⁵, saúde, urbanização, etc.) e as demais operações fora do campo tais como transporte, comunicações e eletricidade. Também não serão consideradas as pesquisas em melhorias de aspectos genéticos e dos insumos, bem como o gerenciamento de processos.

Cada um dos itens citados tem extensa bibliografia relacionando sua importância para os agroecossistemas e mesmo algumas estimativas de valoração do item nos processos e produtos. Incorporar estes aspectos nesta tese fugiria do proposto em extensão, mais pela necessidade de impor limites para viabilizar a consecução do trabalho.

A inclusão do trabalho humano como fator de produção foi feita em minha dissertação de mestrado (Mello, 1986). Desde então venho estudando a comparação do trabalho humano com outras formas de energia e o que seria

¹⁵ Odum (1981) cita que " Algunas actividades humanas complejas - tal como la educación - parecen necesitar poca energía ; pero si uno dibuja todas las energías involucradas, se encuentra que la energía empleada es en realidad muy elevada."

uma remuneração correta, mas discussão sobre a correta correspondência entre trabalho e energia para agroecossistemas de cana seria outra tese.

O trabalho humano será considerado na sua forma física ou intelectual em termos da remuneração que estes trabalhadores conseguem obter, e daí avaliada a energia despendida. Se o trabalho fosse remunerado como nos países desenvolvidos, certamente seu valor energético seria proporcionalmente maior. Neste caso optei pela equivalência entre remuneração e energia por ser o salário valor socialmente definido e que guarda relação entre consumo de energia e valores recebidos pelo trabalho.

Também são excluídos os aspectos relacionados a financiamento e encargos. O financiamento e montagem inicial do capital desde a formação dos terrenos apropriados à agricultura não serão considerados neste trabalho. Os subsídios oriundos dos cofres públicos sempre foram muito generosos para a agroindústria sucroalcooleira, e uma avaliação contábil destes financiamentos comporia um outro extenso trabalho, se analisados conjuntamente os aspectos ambientais que a montagem destes capitais alterou.

O financiamento do Instituto do Açúcar e do Alcool era concedido em bases extremamente favoráveis: ausência de correção monetária, juros baixos e longos prazos de pagamento. Estas condições foram tornadas ainda mais favoráveis no ano de 1974, com a instituição do subsídio dos juros nos financiamentos para expansão das áreas de canaviais das usinas de açúcar e dos fornecedores de cana, para a aquisição de fertilizantes, cujos preços cresceram muito devido à alta dos preços de petróleo, e para a instalação de destilarias anexas à usina de açúcar. Para uma visão global da agroindústria canavieira do Brasil, ver Szmrecsányi (1979).

As atribuições de valores quantitativos a componentes ambientais foram decisões do autor, ou de outros pesquisadores referenciados em cada caso, de

acordo com considerações de ordem técnica ou econômica, sendo combinados índices e custos monetários e energéticos, sem prejuízo para o aspecto global da análise.

7. IMPORTÂNCIA DA TESE NO CONTEXTO ACADÊMICO

A visão econômica dos ecossistemas produtivos vem separando como áreas à parte, desde os artigos pioneiros (Georgescu-Roegen, 1972 e Ayres, 1978), por um lado o uso e escassez de recursos naturais e pelo outro a racionalização do uso do ambiente e a poluição. A poluição de subsistemas ambientais se tornou a atenção principal em fase seqüente, sendo que até hoje o tema do uso do álcool carburante se refere, quanto à questão ambiental, principalmente aos aspectos relacionados às emissões de gases após combustão e aos problemas de poluição do ar nas metrópoles.

Nos principais modelos de exaustão de recursos e externalidades ambientais citados por Ayres (1978) o compartimento de meio ambiente está separado da produção e consumo, com ligações de entradas e saídas em canais de fluxos. O meio ambiente era ele próprio uma externalidade aos sistemas produção-consumo. A contribuição que busco neste trabalho é juntar a representação do que nunca foi separado, sendo o ambiente a base física do sistema produção-consumo, tal como a organização social e política é a base dos valores econômicos.

O manejo ambiental com fins de produção econômica, no entender de Ayres (1978), gera "*externalidades ambientais inerentes à extração, processamento, consumo e despejo (discharge) de materiais físicos e energia*". A questão da entropia (tratada brilhantemente por Georgescu, 1973)

veio unificar a compreensão dos recursos (fatores de produção) escassos, as externalidades e os ecossistemas (tratados brilhantemente e pioneiramente por Odum, 1981). Esta base conceitual permitiu o desenvolvimento da compreensão de que todos os subsistemas ambientais são componentes dos ecossistemas produtivos, e como tal devem ser tratados economicamente com valores determinados de bens de capital que são. A determinação destes valores é discutida adiante.

Ayres (1978), revisando os conceitos econômicos para determinação de valores que buscavam axiomas simplistas, nota que no século 18 a terra já foi considerada como recurso básico e fonte dos valores. No século 19 o marxismo considerou o trabalho como a fonte de valor, e mais recentemente neste século a energia passou a ser a possível referência axiomática.

Esta busca do referencial que definisse uma função agregada de produção para valores e preços também esbarrou em grandes problemas quando usada a entropia e a entalpia. Mesmo os estudos de representação e análise dos ecossistemas ficaram reduzidos em excesso quando do uso da única referência "energia". Entretanto, os estudos contribuíram substancialmente para possibilitar análises agregadas e macroestruturais de sistemas produtivos e de consumo, bem como dos ecossistemas.

Este estudo não se prenderá aos aspectos energéticos dos sistemas, mas usará as medidas energéticas em combinações com indicadores e valores financeiros e mesmo unidades físicas do bem ou processo.

Neste capítulo foram apresentados inicialmente os arrazoados para se fazer uma avaliação e análise de agroecossistemas de produção de cana-de-açúcar. Para tanto foram apresentadas as razões de valorar ecossistemas em termos energéticos e definidos os métodos de visualizar os fluxos de energia em

insumos e trabalho bem como nos ecossistemas. Em seguida foram revistos e discutidos os índices que auxiliam a compreensão dos dados de fluxos de energia nos ecossistemas produtivos e verificada a importância de se realizar tal empreitada.

No próximo capítulo são tratadas as questões relacionadas aos objetos da análise, com identificação e caracterização das plantas cultivadas, da região de estudo, das empresas-modelo e do PROÁLCOOL, razão principal destes agroecossistemas.

CAPÍTULO 2

DO ECOSSISTEMA AO PÁTIO DA USINA: A CANA, O PROÁLCOOL, A COMPANHIA AGRÍCOLA E A REGIÃO

No capítulo anterior foram apresentadas as razões das avaliações e análise de agroecossistemas da cana-de-açúcar, a partir do ponto de vista energético, e definidos métodos e índices para execução destas análises. Este capítulo trata da identificação e caracterização dos objetos da análise.

1. A PLANTA CANA-DE-AÇÚCAR

Descrita cientificamente pela primeira vez por LINNEU em 1753, recebeu o nome genérico de SACCHARUM. Planta herbácea da família das gramíneas, tem cinco espécies principais: *Saccharum spontaneum* L. ou "cana selvagem" da qual ainda existiriam espécies silvestres no continente Asiático; *Saccharum officinarum* L. ou "cana nobre"; *Saccharum sinnensis*, ou "cana chinesa"; *Saccharum barberi jeswiet* ou "cana indiana" e *Saccharum robustum jeswiet*, ou "cana javanesa". Supõe-se a origem da planta em Nova Guiné ou na Índia (Bastos, 1987) e dali disseminada. As chinesas e indianas são consideradas híbridas de *spontaneum* e *officinarum*.

A primeira variedade a ser cultivada no país foi a *Saccharum officinarum* L., que era popularmente chamada de "caiana" ou "preta". É uma variedade muito antiga e de razoável produtividade, dependendo logicamente do solo e das condições ambientais. Porém é uma cana frágil a doenças e pragas, principalmente ao mosaico que infestou o país a partir da década de 20.

Graças aos melhoramentos genéticos, as novas variedades vêm incorporando resistência a patógenos e adequações a regimes hídricos, tipos de solos, temperaturas e umidade do ar, perfilhamento, teores de sacarose, e mesmo à facilitação da colheita. Algumas espécies pioneiras nos cruzamentos foram as *Saccharum sinenses*, *S. robustum*, *S. baben* e *S. edule*, sendo que os diversos institutos de pesquisas do mundo estão continuamente lançando novas variedades, que vão servindo também como base para as necessárias adequações às condições regionais. No extenso território do Brasil, por exemplo, a cana que é mais adequada aos estados do Nordeste certamente terá dificuldades nos estados do Sul do país. Uma variedade demora em média 11 anos de pesquisas para estar em condições de ser comercializada.

Os principais institutos de pesquisa do país sobre cana são:

- Planalsucar. Extinto durante o governo Collor, era ligado ao Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) e hoje está integrado à Universidade Federal de São Carlos como Centro de Ciências Agrárias. Realiza pesquisas de desenvolvimento de variedades, entomologia e doenças da cana, sobre a economia do setor sucroalcooleiro, sobre solos e adubação, e fazia acompanhamentos de produção para o governo federal. Produz as variedades com iniciais RB.
- Instituto Agrônomo de Campinas. Produz as variedades com iniciais IAC, sendo atualmente um dos órgãos públicos de pesquisa mais ativos sobre cana.

- Copersucar. Empresa de produtores de açúcar e álcool, desenvolve pesquisas de melhoramentos genéticos, sobre entomologia, solos e adubação. Produz as variedades de iniciais SP.

- ESALQ-CENA/USP. Centros de pesquisas da USP em Piracicaba-SP, se destacam em pesquisas sobre cana. Não produzem variedades comerciais.

O melhoramento genético objetiva obter características da planta que podem ser variáveis. Em certas situações a planta necessita apenas alguns ajustes, sendo que algumas pesquisas trabalham com mudanças em grande número de variáveis. As principais características trabalhadas nas pesquisas são:

- Aumento do teor de sacarose. A sacarose é o produto mais valioso da cana e até pouco tempo atrás o único. O pagamento da cana se faz pelo teor de sacarose, pois para a produção de álcool a quantidade de sacarose de entrada é que determina a produtividade da usina.

- Diminuição do teor de celulose. A celulose deve ser a mínima necessária para manter a cana em pé, pois na usina significa gastos no processamento de extração do caldo. Apesar do uso econômico do bagaço, é preferível a cana ter a mesma massa em sacarose.

- Adequação a condições pedológicas. A falta de homogeneidade dos solos faz com que em algumas fazendas se faça necessário o uso de variedades diferentes a pouca distância. Os solos variam em termos de disponibilidade de nutrientes, acidez, toxidez, composição estrutural e drenagem, sendo que certamente haverá uma planta que melhor se adequará à combinação destas e de demais características de cada solo.

- Adequação a condições climáticas. Entre as variáveis climáticas de forte importância para a cana estão as temperaturas nas estações, regime hídrico, insolação, regime de ventos e umidade relativa do ar.

- Boa germinação e brotação das socas, chamadas de perfilhamento. A planta deve ter boa quantidade de brotos, resistentes a doenças, e de colmos bem desenvolvidos.
- Boa resistência a doenças. As principais doenças e pragas que acometem a cana estão descritas no capítulo 3. Existem intensos e contínuos trabalhos de melhoria de resistência a patógenos que também vão se adequando e a patógenos que causam menores danos mas de relevância econômica que justificam a pesquisa.
- Período útil de industrialização longo. A maturação da variedade é classificada em precoce, semitardia e tardia. Os plantadores fazem planejamento varietal para que haja fornecimento homogêneo de cana à usina, e o corte é realizado enquanto a sacarose estiver em níveis máximos antes do chochamento ou a inversão da sacarose. A variedade deve ter um longo período com a máxima disponibilidade de sacarose, podendo suportar em campo a espera do corte. Existem produtos que aceleram a maturação da cana.
- Boa densidade e porte. O porte ereto da cana permite melhor aproveitamento do sol e maior densidade de colmos por área. Além do ganho de peso, o porte ereto facilita o corte manual e mecânico.
- Boas características industriais. A extração da sacarose pode ser facilitada se os colmos tiverem certas características físico-químicas de casca, nós e fibras.

Segundo o presidente da COPERSUCAR (Ometto, 1993), de um total do potencial de redução dos custos agrícolas a médio prazo de 22,2%, o manejo de variedades corresponde a 9,8% do total dos custos, ou 44% do potencial de redução.

O melhoramento genético consegue redução considerável dos custos de produção. Para tanto a remuneração das mudas compradas dos institutos de pesquisas deve pagar estes custos. Neste trabalho não é considerado este custo.

2. O PRODUTO CARBURANTE "ÁLCOOL ETÍLICO"

Álcool etílico -ETANOL - tem a fórmula C_2H_5OH e é obtido pela fermentação da sacarose por meio de leveduras, em geral das espécies *Saccaromyces cerevisiae* e *Saccaromyces Ulvarum*.

Os produtos finais das destilações e retificações são classificados por teor alcoólico da seguinte forma:

Quadro 2.1. Classificação de teor alcoólico e usos.

	TEOR ALCOÓLICO INPN	USOS
Álcool Anidro	99,3°	Carburante (mistura à gasolina) e indústria química
Álcool Hidratado	93,2°	Carburante, indústria química e fins domésticos
Álcool Refinado	94,2°	Exportação
Álcool de 2ª (Hidratado)	92,0°	Indústria química e fins domésticos

FONTE: Copersucar (1989)

‡O álcool carburante anidro é misturado à gasolina na proporção de 22%, funcionando como antidetonante e como elemento redutor de poluição no ar

nas grandes cidades. Não é objetivo deste trabalho a discussão acerca das finalidades do produto Álcool.

Segundo o Grupo Técnico de Estudos do Álcool (GTEA) do Conselho de Administração das Empresas de Energia do Estado de São Paulo, o álcool com fim carburante tem um percentual histórico médio em relação aos demais fins de cerca de 70%.

3. PROÁLCOOL: A ENERGIA DA BIOMASSA

O Programa Nacional do Álcool nasceu de um decreto¹ em 1975, durante a vigência da ditadura. Não foi decisão coletiva ou mesmo de representações de setores econômicos, mas fazia parte de estratégia do grupo militar no poder e atendia aos produtores da agroindústria sucroalcooleira. O programa já nasceu determinando subsídios e favorecimentos, principalmente aqueles diferenciados aos produtores dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e do Nordeste, que em parte ainda vigoram.

Os objetivos expostos no texto de criação do programa combinavam visões oriundas da CEPAL de substituição de importações, que pretendiam reduzir disparidades individuais de renda e justificavam os subsídios preferenciais com redução de disparidades regionais.

Quanto aos dois últimos objetivos, Ab'Saber (1994) referindo-se a disparidades de produtividades regionais indica que determinadas regiões do Nordeste deveriam ser tratadas de modo especial. Face aos seus regimes climáticos e tipos de solo, não seriam áreas apropriadas para ocupação humana e produção agrícola. Apesar das restrições devidas à topografia de algumas

¹ Decreto n.º 76.593, de 14 de novembro de 1975, posteriormente modificado pelo Decreto n.º 80.762, de 1977.

regiões da Zona da Mata e de poucas outras regiões atualmente ocupadas por cana no Nordeste do país, não se justificam os subsídios especiais a essa região, já que o clima e solo permitem produtividades próximas àquelas do estado de São Paulo. Cabe dizer ainda que esta massa de recursos "*valeu pouco para a sociedade e economia. Nem sempre, porém, se conseguiu atingir os homens da base de uma pirâmide social desigual*" (Ab'Saber, 1994).

O governo implantou um gigantesco programa energético com base na biomassa, sem vislumbrar como a produção deste material a partir de agroecossistemas iria afetar os ambientes regionais. Quando começaram a aparecer os primeiros problemas com a vinhaça é que se lembrou que toda a energia viria do manejo ambiental.

Já existiam na época do início do PROÁLCOOL pesquisas sobre cana e produção de álcool, principalmente realizadas pela USP em Piracicaba - SP e pelo PLANALSUCAR desde 1972 nas diversas estações.

4. AS RAZÕES DA ESCOLHA DO GRUPO DE EMPRESAS E DA LOCALIZAÇÃO

No primeiro capítulo foi definido que o objetivo desta tese é avaliar e analisar o processo de produção de cana, incorporando os aspectos ambientais como fatores de produção. Para a consecução de um objetivo tão amplo, são possíveis dois caminhos.

Um caminho é o estudo exaustivo de sistemas representativos das várias classes de utilização de tecnologias, localizações geográficas, gerenciamentos e utilização de recursos naturais e de insumos na produção de cana, nas

diversas regiões do país. Para realizar tal estudo seria necessária uma estrutura de apoio com as dimensões dos órgãos de acompanhamento de produção e assistência técnica rural.

Outro caminho, usado nesta tese, é tomar um processo produtivo que possa ser considerado como o de melhor situação possível, e deste processo derivar os cenários de outros usos. O primeiro cenário, definido como modelo principal, é então um processo moderno em que a questão ambiental já estivesse passando por tratamentos que o situassem entre os menos agressivos ao ambiente entre as empresas do setor. Este caminho estuda modelos representativos, montados a partir de uma situação real mas que possibilita a execução da análise.

Não pretendo aqui estudar os sistemas de baixa produtividade econômica e energética, nem os de grandes impactos ambientais negativos. Também não é pretensão deste trabalho comparar diferentes sistemas. Como foi dito no capítulo anterior, os diferentes cenários que serão compostos indicarão as performances energéticas e ambientais.

Procurei então escolher um sistema produtivo e uma situação real que pudessem ser considerados dos mais modernos do ponto de vista tecnológico, de melhor rendimento financeiro e em melhores condições ambientais.

Como objeto do estudo foi escolhida uma empresa de produção de cana com sede no município de Sertãozinho, estado de São Paulo. Ela pertence a uma *holding* e opera em conjunto com empresas irmãs na área de moagem, fabricação de açúcar e álcool e na produção de equipamentos para a agricultura e usinas de açúcar e álcool. Segundo a própria empresa escolhida, esta tem como estratégia o tratamento da questão ambiental como forma de obtenção de vantagens competitivas.

Por solicitação das empresas não serão citados seus nomes e razões sociais, nem são apresentados dados financeiros de produção precisos, mas aproximações e médias, que não tiram a qualidade da análise, pois os dados foram usados para estimativas dos custos energéticos e ambientais, e estes estão completos. Os dados foram levantados na empresa. As razões da escolha desta empresa estão relatadas a seguir.

A usina e a empresa agrícola desenvolvem experimentos próprios, testam equipamentos do fabricante associado e vêm mantendo estreito relacionamento com entidades de pesquisas sobre aumento de produtividade, melhoria de qualidade de sua produção, sobre temas sociais e manejo ambiental.

A localização geográfica das empresas e dos fornecedores também foi considerada como a de melhor disponibilidade de recursos ambientais. Os solos da região são de grande fertilidade e bem drenados, a topografia é suave e possibilita mecanização, o regime de chuvas é regular com precipitações anuais indicadas para o plantio de cana, a umidade do ar e regime de ventos são regulares e adequados à cana e existe água em abundância nos rios e córregos da região.

A usina processa cana oriunda de 33 municípios da região, com um raio econômico de cerca de 130 quilômetros para compra de fornecedores, e usa terras próprias da empresa agrícola e de arrendatários para plantio de cana em áreas mais próximas à usina. Para a safra 1993/1994 foram plantados cerca de 70.000 ha de cana, sendo 20% do total com cana própria, 49% de parcerias com arrendamento e 31% de fornecedores. As regiões administrativas onde estão localizados estes municípios são as de Ribeirão Preto, Franca e Barretos, a noroeste do estado de São Paulo.

Pelas razões acima a empresa foi considerada como representativa das melhores condições de produção de cana para a tecnologia disponível atualmente em termos de produção agrícola e manejo ambiental.

5. A REGIÃO EM ESTUDO

A região de Ribeirão Preto era alvo de disputas mesmo antes da chegada dos bandeirantes. Os habitantes originais² da região eram de tribos Kayapós, convivendo em vizinhança com Guaranis, que seminômades também perambulavam pela região. Foi "desbravada" com a expulsão e extermínio dos habitantes originais pelos mercenários bandeirantes no início do século 18, mas sua colonização somente ocorreu com a viabilização do escoamento de produção com a chegada da ferrovia em meados do século 19.

☉ Devido à fertilidade dos solos e dos ecossistemas e ao seu clima, a região sempre se destacou na produção agrícola. A primeira cultura de significado econômico foi o café em meados do século 19, e posteriormente a cana no início deste século. Estas ainda são as principais atividades de agricultura da região.

A região é drenada pelos rios Mogi-Guaçu, Pardo, Sapucaí e Grande na ordem de sul a norte. São rios de águas barrentas, caudalosos, serpenteando em vales férteis. Os rios Pardo e Mogi-Guaçu estão em vales sedimentares rasos, que com freqüentes transbordamentos vão enchendo seus leitos e mudando de curso, formando lagoas em antigos leitos e áreas inundáveis. Os rios Sapucaí e Grande correm por regiões de topografia mais acidentada e descem de maiores

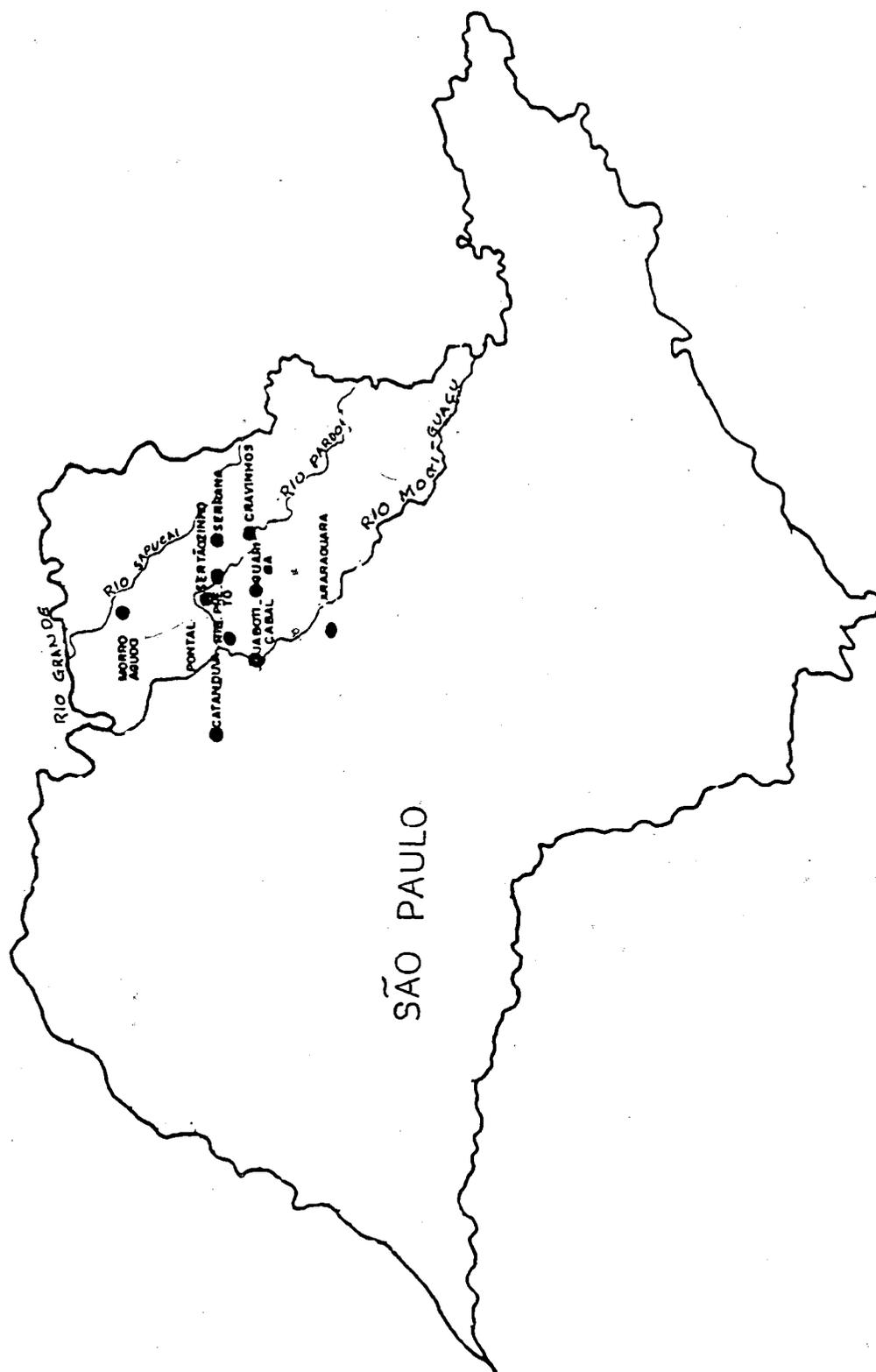
² Os Kayapós fazem parte do grupo lingüístico Gê, e a região de Ribeirão Preto era limítrofe dos seus domínios com os Guaranis, segundo Mapa Etno - Histórico do Brasil e Regiões Adjacentes de Curt Nimuendaju - Museu Nacional. 1944.

altitudes, sendo ambos aproveitados para represamentos e geração de eletricidade³ (Rede Hidrográfica do Estado de São Paulo, 1981). As características tróficas da água da região estão no capítulo 4. Toda a bacia noroeste do estado de São Paulo tem intenso uso das águas pela agroindústria.

A principal cidade da região é Ribeirão Preto, com destaque também para Franca, Barretos e Sertãozinho. A densidade demográfica da região é de cerca de 96 hab./km², com taxa de urbanização de 93,39 % e 3,63 hab./domicílio em Sertãozinho (SEADE, 1992).

Ver mapa da localização da região no estado de São Paulo, página seguinte.

³ O rio Grande é totalmente represado, com reservatórios em seqüência desde sua nascente próximo a Furnas com a Usina Peixoto, até a confluência com o rio Paranaíba e sua mudança de nome para rio Paraná.



Mapa 1. Localização da região em estudo no Estado de São Paulo.

6. AS EMPRESAS E OS FORNECEDORES

A empresa agrícola opera em conjunto com outra empresa irmã (usina) e pertencem a um mesmo grupo empresarial. Têm razões sociais e organizações próprias mas suas administrações estão localizadas dentro da usina, operando efetivamente como uma enorme empresa única.

Além da usina e da companhia agrícola em estudo, a *holding* controla ainda outras duas destilarias de álcool (possui mais uma destilaria atualmente desativada), uma empresa fabricante de equipamentos para usinas e mecanização agrícola e uma empresa de suporte de serviços à *holding* e de comercialização de seus produtos.

O grupo nasceu de empresa familiar, cresceu muito e sua *holding* controla hoje parte substancial dos negócios que envolvem a produção de açúcar e álcool no estado de São Paulo. O início do funcionamento do primeiro engenho data de 1936, quando produzia aguardente, açúcar e álcool. Após vinte anos de funcionamento e já como uma empresa sólida passou por uma grande ampliação de equipamentos em 1957, e em 1973 teve uma nova ampliação e renovação de equipamentos preparando-se para o programa de produção de álcool que o governo federal lançava. Tornava-se então uma das mais modernas e maiores usinas do país.

Atualmente o centro administrativo da usina e da companhia agrícola está situado dentro de um complexo que possui ainda residências, escola, igreja, posto de abastecimento, ambulatório médico, farmácia, refeitórios, clube, enfim uma pequena cidade no entorno da usina. Existe linha regular de ônibus entre Sertãozinho, Ribeirão Preto e a usina.

O grupo possui terras onde produz uma parte da cana, arrenda áreas para cultivo e compra outra parte de fornecedores da região numa distância de até

130 quilômetros, explorando áreas em 22 municípios e tendo atividade econômica relevante em 33 municípios no noroeste do estado de São Paulo.

Dos cerca de 70.000 hectares que produzem cana para a usina, aproximadamente 14.000 hectares são utilizados por produção própria, 34.000 hectares em parceria de arrendamentos e recursos próprios e 22.000 hectares produzem cana de fornecedores⁴.

A atividade econômica do grupo é a referência principal das cidades de Sertãozinho e Pontal. A usina operou 234 dias em 1993, processou 4.574.217 ton de cana, com média de 19.548 ton/dia. Produziu 4.525.095 sacas de 50 kg de açúcar, 242.187.000 litros de álcool, sendo considerada naquele ano a terceira maior empresa de moagem e produção de açúcar e álcool do país, com faturamento de 125 milhões de dólares. O capital estimado da companhia agrícola em veículos leves, pesados, tratores, colheitadeiras, equipamentos, instalações, prédios e edifícios e terras situa-se em torno de 80 milhões de dólares.

Juntas, a Cia. agrícola e a usina geraram 7.660 empregos diretos, sendo 6.400 no setor rural, 260 no administrativo e 1.000 no industrial no ano de 1993. A política de modernização tecnológica da produção de cana indica o crescente uso de colheita mecanizada, dispensando assim a contratação de rurícolas sob contrato temporário e aumentando o número de trabalhadores mais qualificados em contrato permanente⁵.

⁴ Os fornecedores são considerados parceiros pela empresa, que fornece assistência técnica e operacional. Em geral são pequenos e médios proprietários.

⁵ Estas informações foram passadas em comunicação pessoal pela chefe do departamento de recursos humanos da empresa. Ela complementou ainda informando que pesquisas realizadas pela empresa indicavam o despreço dos trabalhadores temporários pela função de corte manual de cana, e que estes não desejavam que seus filhos realizassem este trabalho, mas que seus filhos pudessem se qualificar preferencialmente para operadores de equipamentos.

A mesma chefe do departamento de recursos humanos comunicou que a política da empresa relativamente à mão-de-obra era de responsabilidade em relação aos trabalhadores fixos, com valorização e investimentos em capacitação. Quanto aos temporários, a empresa não se sente responsável pela existência deste contingente de trabalhadores desqualificados, sendo esta uma função social de âmbito e responsabilidade dos poderes públicos. Esta última comunicação pessoal não tem equivalente documentação interna, segundo a fonte.

6.1. As técnicas agrícolas empregadas na região

A descrição a ser realizada aqui é uma apresentação das técnicas usadas pela empresa e fornecedores, as quais serão detalhadas e estudadas em seus fluxos energéticos, custos e implicações ambientais no decorrer do trabalho.

Segundo o agrônomo-chefe da empresa, esta tem a política do uso da tecnologia mais moderna e de eficiência comprovada no campo para mudas, manejo do solo, práticas agrícolas e insumos.

6.1.1. As cultivares utilizadas são decididas pelos agrônomos da empresa ou pelos fornecedores, de acordo com o tipo de solo, do tipo do terreno (baixios ou planos), do tipo de corte desejado (para corte mecanizado é desejável a cana ereta e homogênea na distribuição), das condições fitossanitárias da roça, da fertirrigação (se existir) e do período de crescimento e maturação desejado. Estas variáveis, e outras que também podem ter importância, definirão a decisão da escolha da variedade de cana para cada roça, não existindo entretanto na prática formas objetivas e quantitativas de busca da decisão ótima, mas usa-se a experiência e o *feeling* do agrônomo ou fornecedor.

6.1.2. A empresa possui um laboratório próprio de pesquisa e produção para desenvolvimento de agentes de defesa natural de controle biológico contra pragas, que emprega 12 trabalhadores. Os talhões são mantidos também em condições de fitossanidade por meio de defensivos sintetizados comerciais, mas sempre com cuidados de não intoxicar o ambiente, e de manter um mínimo da infestação de algumas pragas para que não se exterminem também os predadores da praga que operam como agentes de defesa natural, segundo ainda o agrônomo da empresa.

6.1.3. A região tem um mosaico de solos de boa fertilidade, com predominância de latossolos. São realizadas periodicamente ações de conservação do solo como manutenção das curvas de níveis e dos carregadores, reforma e confecção de esgotos, manutenção de canais de irrigação, gradeações e subsolagens, destorroamentos, nivelamentos e terraceamentos, correções de fertilidade, e ainda proteção às várzeas e capões.

6.1.4. Os tratos culturais são aqueles padrões nas roças da região, com enleiramento de palha, adubação e escarificação, irrigação, aplicação de defensivos, queima de restos culturais, combate às formigas, carpa e arranquio do colônio.

6.1.5. A colheita tem recebido atenção especial quanto à tecnologia e equipamentos. Cerca de 74% da cana é colhida manualmente e o restante mecanicamente. A política da empresa para a colheita indica a ampliação gradual da colheita mecanizada e a perspectiva de implantação da colheita mecanizada da cana crua a médio e curto prazo, dependendo da redução de custos e de domínio tecnológico de equipamentos para tal.

São feitos aceiros e manutenção de carregadores para ambos os tipos de corte, sendo que quando a cana é queimada são alocados caminhões-bombeiros. Para o corte manual da cana queimada são usados ônibus para transporte de pessoal, carregadeiras e grandes contingentes de trabalhadores. Para o corte mecânico da cana queimada são usados equipamentos de corte e carregamento, sendo que em ambos os casos a cana é transportada para a usina por caminhões com reboque. O corte manual da cana sem queima somente é feito embaixo das linhas de tensão e em outros locais onde não se deseja a queima e a máquina de corte da cana crua não consegue operar. Para o corte mecânico de cana sem queima são usadas máquinas de corte, que picam a cana e simultaneamente a carregam em vagões tracionados por tratores, sendo em

seguida transbordada aos caminhões. A operação é auxiliada por caminhões-oficina de suporte e manutenção, caminhões-tanque e motocicletas. Esta tecnologia e os equipamentos foram desenvolvidos e fabricados por empresa da *holding*. Todas estas operações e equipamentos serão detalhados ao longo deste trabalho.

A empresa tem sido pioneira no investimento em tecnologias mecânicas, de organização do trabalho e biotecnologia que a capacitam a operar ecossistemas com alta produtividade. Por dispor de diferentes equipamentos e tecnologias numa mesma operação, o objeto de estudo se presta a montagens de cenários onde o solo, o regime hídrico, os trabalhadores, as mudas, o clima e as pragas entre outros fatores são os mesmos, permitindo que as comparações fossem realizadas.

6.2. Os equipamentos da companhia agrícola

A empresa possui uma frota própria de veículos leves composta de motocicletas, ambulâncias, pick-ups, furgões e veículos para passageiros. A frota de veículos leves é avaliada em mais de 500 mil dólares. Os veículos leves não têm custo unitário alto mas são de grande importância operacional para uso na roça, como as motocicletas e pick-ups.

Os veículos pesados são mais importantes na composição dos custos. Os custos de aquisição são altos, os custos de operação são também altos, com valores residuais baixos na revenda.

Entre os veículos pesados, os caminhões e ônibus próprios para transporte da cana e de trabalhadores valem cerca de cinco milhões de dólares. Existem caminhões pequenos para terrenos difíceis e pequenas cargas, mas os principais da frota são aqueles de grande porte.

Os tratores e colheitadeiras são os itens de maior valor unitário (chegam a US\$ 300,000 por colheitadeira). Exigem suporte logístico operacional, grandes oficinas de manutenção, sendo que neste aspecto a empresa tem ganhos tecnológicos, pois uma empresa irmã da *holding* é líder no setor de bens de capital para a agroindústria da cana e fornece sua melhor tecnologia e suporte para as colheitadeiras.

Quanto aos equipamentos e técnicas empregadas na fase agrícola a empresa se diferencia em relação aos fornecedores em alguns aspectos. Como possui terras próximas à usina, a fertirrigação torna-se atrativa economicamente, reduzindo custos de fertilização e melhorando as características do solo. Para tanto possui 12 conjuntos de motobombas.

A empresa tem estratégia de ampliar gradualmente a colheita mecanizada da cana, o que já ocorre em grande parte da cana queimada, e possui ainda cinco máquinas importadas de corte de cana não queimada além de estar adquirindo mais um lote de máquinas nacionalizadas. Em entrevista com dirigente da área operacional da empresa este indicou que, frente a um horizonte em que o meio ambiente passa a ser valorizado crescentemente, a empresa está se preparando para grandes escalas de corte mecanizado de cana não queimada.

O transporte da cana no roça acarreta problemas ambientais de compactação do solo e gera custos altos para veículos de uso misto rodovia-roça. A empresa domina tecnologia (desenvolvida por outra empresa do grupo) que minimiza os problemas e custos, por meio de vagonetes tracionados por trator que permitem ainda o transbordo da cana a caminhões de estrada através de máquinas especiais.

6.3. A produção da companhia agrícola

A empresa produz anualmente mais de 3,1 milhões de toneladas de cana numa área de cerca de 40.000 hectares. A média aproximada de produção por hectare nas terras da companhia agrícola é a seguinte:

Quadro 2.3. Média de produção de cana por hectare - Cia. agrícola.

1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
125 ton/ha	99 ton/ha	88 ton/ha	76 ton/ha	85 ton/ha

Em algumas áreas mais próximas à usina que recebem carga maior de nutrientes da vinhaça são realizados até 12 cortes em cada planta, de acordo com a produtividade que o talhão vai apresentando. O número de cortes da soca depende da variedade da planta, do solo, da fertilização, de fatores ambientais e de condições de fitossanidade entre outros fatores, sempre em função da produtividade que a planta vai desenvolvendo.

O rendimento agrícola médio nos anos entre 1983 e 1992 foi de 88,46 ton/ha, sendo que de 1989 a 1992 foi de 90,22 ton/ha.

O custo médio de produção no mesmo período foi de US\$ 8,79 por tonelada de cana. No período de 1989 a 1992 o custo médio foi de US\$ 10,16 por tonelada.

Este capítulo tratou dos materiais que foram objeto de pesquisa, a cana, o programa PROÁLCOOL, os agroecossistemas e suas localizações e descrições, a região e as empresas definidas como modelos primários de análise. Esta identificação e caracterização dos objetos de pesquisa serão usadas principalmente para estruturar as planilhas de custos financeiros e dispêndios energéticos do capítulo 5.

No próximo capítulo são definidas as estimativas de custos financeiros, energéticos e ambientais dos fatores de produção da cana. Para tanto são descritos os tipos de energia envolvidos na obtenção de insumos e trabalho e os efeitos ambientais sofridos pelos ecossistemas devido ao cultivo. Os fatores de produção recebem estimativas de dispêndios energéticos para obtenção e uso, que comporão as planilhas do capítulo 5 no que se refere a valores monetários e energéticos.

CAPÍTULO 3

A ENERGIA ENVOLVIDA DIRETAMENTE NA PRODUÇÃO DE CANA

No capítulo anterior foram descritos e analisados os materiais objeto de análise; a cana, o álcool e o PROÁLCOOL, os agroecossistemas e a região, os sistemas produtivos e as empresas definidas como paradigma para montagem de modelo primário (que será chamado de cenário comercial). Estes dados servem de base para estruturar as planilhas de custos financeiros e energéticos do capítulo 5.

Este capítulo trata da estimativa e atribuição de valores de custos financeiros e dispêndios de energia a fatores de produção, bem como da estimativa dos efeitos ambientais de insumos e trabalho nos ecossistemas, verificando seus custos e energia envolvida. Estas informações são usadas para compor as planilhas e como base para análise do capítulo 5, dos custos financeiros e dispêndios energéticos da situação de modelo primário.

1. OS TIPOS DE ENERGIA ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE INSUMOS E TRABALHO

A forma mais óbvia de energia participante da produção dos insumos e realizadora de trabalho são os combustíveis fósseis. Escassos e limitados em suas disponibilidades, têm seus preços no mercado internacional definidos por acordos

entre produtores e principais consumidores. O Brasil montou o PROÁLCOOL com justificativas fortemente assentadas em estratégias de independência em relação a esta fonte de energia.

A determinação do que seria o preço correto internacional para os combustíveis fósseis é impossível. Preços corretos são acordos de valores socialmente aceitos, e aquela sociedade que considera que um recurso é mais valioso para uso presente, como um investimento para que possa inclusive ganhar maior independência em relação ao recurso escasso, tende a determinar menores preços ao seu uso agora. Já uma sociedade de afluência, sem urgência de uso do mesmo recurso, tende a considerá-lo mais valioso como reserva para uso futuro, ou como de uso mais nobre. O próprio altruísmo é uma virtude escassa nas políticas nacionais e inexistente nas leis de mercado.

Os países que negociam os preços dos combustíveis fósseis representam suas sociedades numa relação competitiva pelo recurso, e nestas relações estão envolvidas forças econômicas e bélicas¹, sendo o preço de mercado então um vetor final destas forças.

Outra forma de disposição de energia é a força do trabalho humano. Apesar de todos os avanços tecnológicos e da disponibilidade de equipamentos no mercado, boa parte do trabalho na agricultura brasileira é feita no muque. As máquinas e a energia estão à mão, mas é mais barato comprar força muscular como mostram as planilhas de custos das colheitas de cana.

¹ As guerras no Oriente Médio são exemplos de guerras por recursos, e a guerra das Malvinas é um exemplo de como o povo inglês apoiou firmemente o propósito imperialista de posse de recursos para si, contra os interesses argentinos.

◦ Os trabalhadores do corte de cana em geral² não gostam do trabalho, não desejam o mesmo destino para seus filhos, mas o que têm para vender é a sua força e saúde. Os empresários preferem cortar a cana com máquinas, mas só as comprarão se os custos indicarem que são mais baratas que o corte manual e se as estratégias empresariais indicarem vantagens.

O uso do homem como forma de energia vai sendo superado com a evolução civilizatória, ainda que a mecanização da agricultura demande trabalho humano em controle, operação, manutenção e na produção dos equipamentos. Certamente em quantidades de trabalho muscular menor que as operações agrícolas manuais.

Os materiais contendo energia em formas minerais, tais como os fertilizantes, são obtidos com dispêndio de energia comercial e vão para o campo com conteúdos potenciais de energia. Cada um dos principais insumos receberá tratamento individual para verificar estes dispêndios energéticos.

A fabricação de produtos químicos despense grande quantidade de energia e fornece insumos de altas concentrações energéticas, sendo avaliados quanto à energia comercial de produção, apesar de a importância destes produtos se dar principalmente como função de força reguladora nos ecossistemas.

Os aspectos de energia envolvendo organismos e ecossistemas e seus papéis no agroecossistema são analisados no próximo capítulo.

² Comunicação pessoal da gerente do departamento de recursos humanos da empresa em estudo, acerca de pesquisa entre rurícolas do corte de cana.

2. COMO AVALIAR AS QUANTIDADES DE ENERGIA PARA OBTER OS FATORES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O meio mais acurado de medir as quantidades de energia comercial envolvidas na obtenção de fator de produção agrícola é percorrer todos os elementos constituintes da cadeia de produção do bem, avaliando as energias despendidas ou embutidas nos materiais. Esta é a chamada "análise de processo" e será tão mais realista quanto mais detalhada e minuciosa a averiguação dos processos e seus dispêndios energéticos. Esta análise está sendo empregada nos setores industriais como forma de auditoria energética e como ferramenta para ganhos de produtividade e qualidade.

Como foi dito no capítulo 1, um dos objetivos deste trabalho é capacitar os produtores de cana e entidades de pesquisa e extensão a realizar análises energéticas de processos, envolvendo também os processos orgânicos e o ambiente, e poder identificar perdas de energia, locais onde são possíveis melhorias e auxiliar na definição destas melhorias.

Quando dispomos de valores financeiros de custos dos insumos e trabalho, estes dados podem ter sua correspondência em energia. O país³ consome energia primária em certa quantidade para produzir certa quantidade de riqueza, o PIB. Nesta correspondência estão variáveis como condições tecnológicas do país, ritmo de crescimento econômico, investimentos e endividamentos do país, relações de câmbio e muitos outros condicionantes. A quantidade de energia para produzir riqueza é um indicador razoavelmente estável a médio prazo.

³ O país é desigual e injusto, mas será considerado como entidade.

Wang (1979), buscando medidas para valores ambientais, considerou os fluxos de energia como base econômica para tal e assumiu em sua análise

" that there is a proportional relationship between economic production and the embodied energy flow of the systems of man and nature contributing to that production. Therefore, for a given data on dollar in human sectors of any year, an estimate of the embodied energy is obtained by multiplying the energy / dollar ratio for that particular year "

Herendeen (1981) calculou a equivalência entre energia e capital para os EUA. Considerando o preço médio da energia comercial em 1980 de 84 Mcal / US\$, a energia média para produzir bens e serviços (usando a relação Energia / PNB) em cerca de 7, 53 Mcal por US\$ (1980), a elasticidade a longo termo de setores da manufatura em 0,5, encontrou a relação de substitutibilidade (*substitutability* no original) entre energia (E) e outros insumos (G) para setores de produção nos EUA, $\Delta E/\Delta G = 4,03$ Mcal / US\$ (1980).

Quando são usados dados financeiros para estimativas de dispêndios energéticos a conversão é realizada neste trabalho pelo índice de Herendeen, atualizado ao Brasil pela correção seguinte:

$$1980 \Rightarrow \text{Consumo total de energia primária}^4 / \text{Produto Interno Bruto}^5 = 10,968 \text{ Mcal/US\$}$$

$$1993 \Rightarrow \text{Consumo total de energia primária} / \text{Produto Interno Bruto} = 4,501 \text{ Mcal/US\$}$$

⁴ Balanço Energético Nacional de 1981 e 1994. Brasil, Ministério de Minas e Energia, Brasília.

⁵ Anuário Estatístico do Brasil / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 1981 e 1994.

Em 13 anos, o país passou a despende 2,431 vezes menos energia para produzir a mesma quantidade de produtos.

A relação de substituição $\Delta E/\Delta G$ passa a ser atualizada e corrigida de 1980 para 1993 na mesma proporção da relação Energia consumida / PIB do Brasil para o mesmo período.

Para 1993 temos então $\Delta E/\Delta G = 1,658 \text{ Mcal / US\$ (1993)}$.

3. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O uso de máquinas e implementos é um dos principais fatores da modernização da agricultura. O setor de mecanização agrícola vem passando por rápido desenvolvimento tecnológico com a abertura do mercado nacional, desde o setor de implementos tais como os arados e grade que são de baixa complexidade tecnológica, mas principalmente com tratores, motoniveladoras, máquinas carregadoras e de transbordo, até as modernas máquinas colheitadeiras que também picam a cana e limpam a palha.

A fabricação de tratores no país começou em 1961 e a de colheitadeiras em 1966, mas a intensificação da produção de ambos cresceu mais rapidamente a partir da década de 70, na época do "milagre econômico" (Anjos, 1979). Atualmente começam a ser fabricados no país os mais modernos equipamentos agrícolas disponíveis no mercado mundial, com algumas empresas do setor investindo inclusive em pesquisa e desenvolvimento e colhendo frutos destes investimentos. As usinas e plantadores de cana que compram equipamentos mais modernos passam por fase de adequação e apropriação a novas tecnologias, com

retornos em produtividade e qualidade que têm gerado ganhos competitivos em relação a quem não está atualizando a tecnologia e equipamentos (comunicação pessoal do administrador da Cia. agrícola).

O setor de implementos agrícolas também vem passando por fase de intensa atualização tecnológica, em função principalmente da própria modernização de práticas agrícolas e da necessidade de melhorias na aplicação de insumos químicos, ainda que não pesquisem e não desenvolvam seus produtos. Há um grande número de empresas fabricantes, muito maior que o de tratores e colheitadeiras, correndo atrás da tecnologia em lugar de gerar produtos em função de pesquisa e desenvolvimento.

A fabricação e manutenção dos equipamentos agrícolas implica em intervenções no meio ambiente para obtenção de matérias-primas e energia direta, para operações de produção e distribuição, que causam ainda poluição e mais custos ambientais.

As implicações ambientais relacionadas ao uso dos equipamentos agrícolas e suas avaliações em termos energéticos serão consideradas nos itens Solo, Água e Ar.

3.1. Dispêndios energéticos para a obtenção, operação e manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas

Dentre as pesquisas publicadas que estimaram os dispêndios energéticos para fabricação e manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas dois autores encontraram valores muito próximos. São duas referências citadas como as mais próximas da realidade pela literatura da área. Os trabalhos são de Doering (1980) e de Pimentel (1989) e compõem os valores finais por partes de estimativas de

aços, pneus, fabricação, consumos de combustíveis e graxas, manutenção, depreciação e taxas de uso. Combinando estas informações pode-se estimar o dispêndio energético dos equipamentos. Algumas estimativas destes autores para equipamentos, sem contar o combustível, em calorias por hectare por ano, são:

Arados = 15.000 a 25.000 Kcal

Tratores (130 HP) = 70.000 Kcal

Colheitadeiras = 90.000 Kcal

Macedônio (1985) calcula a quantidade de energia fóssil de maquinaria, a partir do conhecimento do peso e da vida útil, gerando a Demanda Específica de Energia (DEE) por tonelada do equipamento.

Para tratores de 65 HP o valor é de aproximadamente 4.000 Kcal por hora de trabalho.

Para uma grade de discos o valor aproximado é de 2.000 Kcal por hora.

Makhijani (1975) cita valores por peso de produto acabado de aproximadamente 18.000 Kcal por Kg, dados compatíveis com os anteriores.

As estimativas de dispêndio energético utilizando análise de processo são razoáveis para estudos que envolvem poucos equipamentos em condições em que as variáveis podem ser controladas. Servem bem para análises de subsistemas em que o foco esteja definido e exista controle de todas operações, equipamentos, consumos de combustíveis e manutenção, gerando uma visualização dos fluxos de energia.

No caso deste estudo os dados de campo são agrupados em médias, pois a extensão dos cultivos tem dimensão que inviabiliza uma visão global a partir da somatória das condições particulares. Os equipamentos podem variar em tamanho e modelo, dependendo das disponibilidades e interesses da empresa e dos

plantadores, e os consumos e manutenções também dependem das condições climáticas, de solo, topografia, infestações, variedades plantadas e inúmeras outras condicionantes variáveis que vão ocorrendo nos diversos agroecossistemas.

Os dados das quantidades de trabalho e dos equipamentos utilizados foram obtidos na empresa, são usados internamente para composição de custos e administração de recursos, e são condições médias reais. Junto aos custos de aquisição e depreciação, operação e manutenção estão também agregados os combustíveis e a mão-de-obra do operador especializado. Nestas condições, optei por estimar as quantidades de energia envolvida por meio da transformação de custos financeiros em unidades energéticas, pela relação $\Delta E/\Delta G$.

Para verificação desta conversão foram comparadas as avaliações de Doering (1980) e a da conversão de Herendeen, de um trator com 130 HP. Doering encontra o total de energia incorporada, fabricação e reparos em cerca de 99.500 Mcal. Se considerado o preço de venda de trator semelhante no Brasil e transformado este valor em energia, é obtido o valor energético de 82.900 Mcal. O valor inferior da conversão em relação ao estudo de Doering já incorpora os custos de distribuição e venda, mas são compatíveis na medida em que a diferença é de apenas 12%. Vale notar ainda a imprecisão das estimativas da análise de processos de Doering e que foram realizadas em 1980 quando a relação energia/PIB era maior que no presente.

3.2. Maquinaria usada na empresa ⁶

Serão descritos a seguir os equipamentos da empresa, que solicitou não fossem divulgados detalhes como marcas, idade e quantidades, mas apenas os valores totais.

A empresa possuía em 1993 uma frota de veículos leves composta de motocicletas, veículos para passageiros, ambulâncias, pick-ups e furgões com valor aproximado de US\$500.000,00. Da frota foi excluído o item de veículos de luxo, que certamente não participava do processo produtivo diretamente. O valor ficou então em cerca de US\$400.000,00.

Os veículos pesados da empresa são caminhões de porte médio até treminhões, ônibus e microônibus, cujos valores unitários variam de US\$10.000 a US\$60.000. O valor aproximado dos veículos é de US\$5.000.000,00. A empresa dispõe de oficina própria para a manutenção e possui também um posto de abastecimento de combustível.

Os tratores e colheitadeiras são equipamentos caros, com um forte peso na composição dos custos da empresa. Os valores unitários dos tratores vão de US\$10.000 para tratores de 60 HP até US\$150.000 para tratores pesados de esteira. As colheitadeiras vão de US\$150.000 para as de cana queimada, até US\$250.000 para as de cana crua. Os demais itens mecanizados tais como as bombas de irrigação e pequenos equipamentos variam de US\$700 a US\$4.000. O valor total destes equipamentos é de cerca de US\$ 5.700.000.

⁶ Os valores citados já contêm a depreciação dos veículos pelo tempo e uso.

4. FERTILIZANTES NITROGENADOS

O uso intensivo do solo para a agricultura de cana de alta produtividade demanda nitrogênio em grandes quantidades, que na maior parte dos casos a reposição natural não consegue suprir.

Os agroecossistemas de monocultivo de cana são grandes consumidores de nitrogênio, não estando ainda disponível no mercado uma tecnologia de uso de microorganismos fixadores do nitrogênio do ar, tais como os das leguminosas. Uma prática corrente em diversas plantações é a rotação de culturas com o cultivo de leguminosas e a incorporação ao solo de sua massa verde, que supre em parte as necessidades de nitrogênio da cana, necessitando a cultura de menor suprimento externo de nitrogênio.

O nitrogênio é o elemento mais abundante do ar, com cerca de 80% em volume. A fixação de N^2 do ar pode ocorrer na natureza por ocasião de descargas elétricas e por meio de organismos como algas e bactérias. Aparece também em grandes quantidades combinado com outros elementos na água, no solo e em formas orgânicas.

Para que o nitrogênio possa ser absorvido e utilizado pelas plantas ele deve estar combinado em compostos onde estejam presentes também hidrogênio e/ou oxigênio. Tomando a forma orgânica, o nitrogênio é elemento essencial para a fotossíntese na clorofila, faz parte das estruturas protéicas, sendo o elemento mais abundante em massa nas plantas.

O nitrogênio é fundamental nos fluxos de energia nas plantas. Suas funções aparecem desde as entradas de energia; é componente das diversas formas de estocagem de energia em compostos minerais e orgânicos, faz parte de quase

todas as estruturas orgânicas de baixa entropia da planta, estruturas organizadas e com alta concentração energética, e aparece ainda como reagente químico.

A absorção nas plantas ocorre principalmente pela raízes nas formas iônicas de NH^+4 e NO^-3 .

Na decomposição de organismos por bactérias e nas conversões de amônia em nitrito (nitrosomonas) e de nitritos em nitratos (nitrobacter), as bactérias usam energia química da própria decomposição para que o nitrogênio novamente se transforme em parte em amônia e nitratos, formas preferenciais para a absorção pelas plantas.

Algumas bactérias fazem a ação de desnitrificação, quando o nitrogênio retorna à atmosfera. Tanto as bactérias desnitrificadoras quanto as fixadoras de nitrogênio consomem energia para suas reações. As reações orgânicas de fixação consomem energia do produto da fotossíntese para quebrar a ligação triplíce do nitrogênio molecular e acrescentar hidrogênio.

A cana planta em geral apresenta boa reação ao nitrogênio, podendo ocorrer menor reação à aplicação de fertilizante nitrogenado em alguns solos, possivelmente pela fixação biológica e pela disponibilidade de nitrogênio no solo. Para as soqueiras, a cultura responde bem ao fertilizante.

4.1. Fertilizantes nitrogenados industriais

O princípio da maior parte dos processos de produção de fertilizantes nitrogenados parte da síntese de NH_3 anidra. As reações variam em termos de pressão, temperatura, catalisadores, equipamentos mecânicos e purificadores.

A principal fonte de matéria-prima dos fertilizantes nitrogenados industriais são os hidrocarbonetos. O consumo de energia para aquecimento e como matéria-

prima é intenso. A síntese da amônia consome o maior gasto energético do total, sendo que as etapas posteriores de confecção de produtos comerciais consomem pequenas quantidades de energia.

Para a síntese da amônia são misturados hidrogênio e nitrogênio na proporção de 3:1 a alta temperatura e pressão, na presença de um catalisador. A obtenção do hidrogênio a partir de hidrocarbonetos consome a maior parte da energia total, restando ainda gastos energéticos com posterior purificação para retirada de contaminantes carbonatados e de enxofre. A fonte de nitrogênio é o ar.

As formas mais encontradas no mercado são os derivados de sulfato de amônio, derivados de uréia, *MAP (monoammonium phosphate)* e *DAP (diammonium phosphate)*.

4.2. Consumo de energia para a fabricação de fertilizantes nitrogenados

As principais pesquisas que indicam valores de consumo de energia para a produção industrial de fertilizantes nitrogenados a partir de hidrocarbonetos são (Mcal/Kg):

Quadro 3.1. Avaliação da energia despendida para obtenção de fertilizantes nitrogenados - autores e valores. Mcal/Kg.

Autores	Nitrogênio	Amônia	Uréia	Nitrato de Amônio
Makhijani (1975)	18,9			
Leach (1976)	19,1			
Lockeretz (1980)		12,0	14,3	14,7
Ayres (1983)		9,8		
Engelstad (1985)	13,6	11,2	8,7	5,9
Dovring (1989)	21,0			

Para Engelstad (1985), a média para embalagem e transporte é 1,68 Mcal/ Kg de N².

A produção industrial de fertilizantes nitrogenados no Brasil tem características tecnológicas próximas àquelas utilizadas nos EUA e na Europa, sendo válidas as estimativas dos gastos energéticos dos autores quando transportadas para o nosso país.

Neste trabalho será considerada a média de gastos energéticos estimada por Engelstad como a que melhor se aproxima da realidade, por ser estimativa recente, a mais detalhada, e que sendo aquela que apresenta menor valor já teria assim contemplado os avanços tecnológicos de melhorias de produtividade dos últimos anos.

A média adotada dos valores de produção somados ao transporte e embalagem fica então em 15,0 Mcal/Kg de N².

4.3. O uso de fertilizantes nitrogenados no cultivo da cana-de-açúcar

São diferentes as reações da cana planta e da soqueira à aplicação de fertilizante nitrogenado. A cana planta em geral apresenta menor reação, provavelmente devido à fixação biológica ou por estar o nutriente disponível no solo pela movimentação deste para o plantio e pela água da chuva. Para as soqueiras a reação é melhor, em doses que vão até 167 Kg-N/ha, sendo que as aplicações pesadas ou tardias (acima de 200 Kg-N/ha) podem provocar estímulo ao crescimento vegetativo em detrimento da maturação e consequente diminuição do açúcar (ELETROBRAS, 1983).

A aplicação do nutriente deve ser acompanhada da incorporação deste ao solo, pois as perdas são grandes devido à volatilização.

A quantidade média de nitrogênio que fica contido nos colmos e nas folhas da cana, segundo o PLANALSUCAR⁷, para a variedade CB 41-76, é :

Quadro 3.2. Quantidade média de nitrogênio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.

	Colmos (kg/100 ton)		Folhas (kg/100 ton)		Colmos+Folhas (kg/200 ton)	
	Planta	Soca	Planta	Soca	Planta	Soca
	Nitrogênio (N)	92	73	62	58	154

Fonte: ELETROBRAS (1983)

As recomendações de adubação são sempre precedidas de orientação para realização de análise do solo para então verificar as doses adequadas.

No relatório da ELETROBRAS(1983) são recomendadas as doses seguintes, com as imperfeições da generalização:

Cana planta em solos argilosos = 20 Kg-N/ha

Cana planta em solos arenosos = 16 Kg-N/ha

Cana soca = 60 Kg-N/ha

Cobertura = 100 Kg/ha de uréia.

A empresa em estudo aplica para formação dos canaviais o nitrogênio na composição 18-00-36 em cobertura.

Cabe ressaltar os esforços de pesquisas da EMBRAPA e do CENA-USP dirigidas à adequação de variedades e bactérias que realizem fixação de nitrogênio do ar, principalmente as bactérias *Acetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum seropedicae* e *H. rubrisubalbicans* (Franco, 1994).

⁷ Citado como "estudos recentes" em ELETROBRAS, 1983. p. 13.

4.4. Fertilizantes nitrogenados e sua ação ambiental

O rápido crescimento do uso deste fertilizante como uma das bases da "green revolution" nos EUA fez também crescer as preocupações públicas com a possibilidade dos compostos nitrogenados estarem poluindo o ambiente, desde a década de 60. Até então os agrônomos não dispunham de dados sobre o destino do nitrogênio não aproveitado pelas plantas.

O aproveitamento do fertilizante nitrogenado pelas plantas depende em grande número de fatores tais como o tipo de planta, solo, topografia, regime hídrico local e microbiologia do solo. Em geral este aproveitamento não ultrapassa 50% do aplicado, mesmo com boa administração (Engelstad, 1985). Este desperdício será contabilizado como custo ambiental.

O nitrogênio não aproveitado pela planta fica em parte incorporado ao solo por meio de microorganismos e resíduos do cultivo. Entretanto, em poucos solos cultivados e fertilizados se tem notado o crescimento de N-orgânico a longo termo (Engelstad, 1985). Outra parte do nitrogênio não aproveitado é denitrificado ou volatilizado, ficando o restante como um potencial poluidor de águas superficiais e subterrâneas. Esta poluição está detalhada no próximo capítulo e também será contabilizada como custo ambiental.

5. FERTILIZANTES FOSFORADOS

A rocha de fosfato é o ponto de partida da maioria dos fertilizantes fosforados. A rocha em geral está cimentada por CaCO_3 na forma de carbonato de fluorapatita. Em alguns casos o material que cimenta é lavado e o fósforo aparece

em seixos, e em outros casos a massa toda foi comprimida formando uma rocha dura (Engelstad, 1985).

Após a mineração a rocha passa por um tratamento com ácido sulfúrico (H_2SO_4), gerando ácido fosfórico (H_3PO_4). A reação da fluorapatita com ácido fosfórico ou ácido sulfúrico gera então o monocálcio fosfato monohidrato, que submetido a outras reações e dependendo das impurezas da rocha vai formar os superfosfatos.

O uso de fósforo na agricultura gera grandes problemas ambientais em águas superficiais, pois sua presença excessiva devido ao carreamento do fertilizante junto com a erosão em solos agricultados é um dos fatores de eutrofização de corpos d'água.

5.1. O fósforo nas plantas e no solo

As plantas absorvem fósforo durante todo seu ciclo de crescimento, em soluções onde o elemento esteja em formas iônicas de ortofosfatos primários $H_2PO_4^-$ ou secundários HPO_4^{2-} . Ele se move pela planta de tecidos velhos para novos se ocorrerem deficiências, e ao amadurecer a planta, muito do fósforo é transportado de partes vegetativas para sementes e frutas (Engelstad, 1985).

O fósforo se move do solo para raízes por difusão em solução, tendo menor mobilidade quando a umidade do solo é menor. Sua mobilidade pelo solo é muito pequena, devendo ser aplicado próximo às raízes pois raramente se move mais que 2 ou 3 cm do ponto de aplicação. Quando não for incorporado no solo, o elemento por suas características fica retido na camada superficial.

A saída do fósforo do ecossistema se dá por erosão e por meio da exportação pelas culturas, pois ele não volatiliza e não é facilmente lixiviado. Onde há uma

contínua adubação de fertilizante fosforado, vai ocorrendo o enriquecimento do solo por este elemento, sendo que quando isto ocorre a cana passa a responder menos às adições de fósforo.

5.2. A energia despendida para mineração, manufatura, transporte e embalagem de fertilizantes fosforados

A maior parte da energia requerida para a obtenção do fósforo fertilizante refere-se à extração e transporte dos minérios de fosfato e enxofre e à produção de ácido sulfúrico.

As principais referências de pesquisas sobre dispêndios energéticos para a obtenção de fertilizantes fosforados e seus resultados são:

Quadro 3.3. Avaliação da energia despendida para obtenção de fertilizantes fosforados - autores e valores (Mcal/Kg).

Autores	Fósforo	Superfosfato normal (00-20-00)	Superfosfato triplo (00-46-00)
Leach (1976)	3,34	1,50	0,60
Pimentel (1989)	6,30		
Engelstad (1985)	5,14	1,03	

Para Engelstad (1985), a média para embalagem e transporte é 4,55 Mcal/Kg de P, ou 0,91 Mcal/Kg do superfosfato normal.

São adotadas neste trabalho as estimativas de Engelstad para produção, embalagem e transporte, em 1,94 Mcal/Kg de superfosfato normal, que é a formulação mais usada na empresa e pelos fornecedores.

5.3. O Fósforo e o meio ambiente

A mineração de rochas e o sequente processamento para obtenção de fertilizantes fosforados envolve grandes implicações ambientais.

Para que os impactos ambientais sejam mitigados, algumas ações mínimas de manejo devem ser tomadas. As áreas mineradas devem ser reformadas com reposição de camada superficial do solo e reposição de cobertura vegetal. A lama oriunda de lavagens deve ser contida e controlada para não contaminar drenos e rios. Devem ser controlados também os efluentes na fase industrial da produção dos fertilizantes, tais como a filtração dos particulados no ar, o controle da emissão de flúor e o resfriamento da água com calor em excesso.

São fatores que envolvem poucos custos, se a empresa tiver programa de qualidade de produção, de produto e do ambiente que seja eficaz. Para este trabalho é considerada a melhor tecnologia e a existência de cuidado ambiental, considerando então que nesta situação hipotética não há implicações de danos ambientais na produção do fertilizante.

6. FERTILIZANTES POTÁSSICOS

Os sais contendo potássio apareceram na natureza oriundos de resíduos da evaporação de salinas, que posteriormente sofreram ações geológicas de recobrimento. A forma mais predominante é a de KCl (muriato de potássio) misturado com NaCl, ocorrendo também combinado com MgCl, MgSO₄ e na forma de K₂SO₄.

Para a mineração do sal são utilizadas minas subterrâneas, pois os estratos são dispostos em camadas e em geral profundos (de 100 a 400 metros). O minério contendo potássio passa por processos de separação que dependem do composto bruto extraído, por concentração ou enriquecimento e finalmente por granulação. Os sais de potássio são então encaminhados para composição com outros fertilizantes.

Os solos contêm potássio em geral em quantidades maiores que as retiradas realizadas pelas plantas, mas somente uma pequena quantidade deste potássio fica em formas utilizáveis pelas plantas. Ele aparece incrustado em feldspatos, micas e outros minerais estáveis, sendo de difícil reação catiônica. Quando em argilas e siltes e minerais mais reativos, sua disponibilidade para tornar-se K^+ é maior, combinando-se em soluções nutritivas para as plantas.

6. 1. O Potássio nas plantas

O potássio tem grande mobilidade nas plantas, movendo-se das folhas mais velhas para as mais novas de acordo com o crescimento das plantas. A carência severa do nutriente faz as folhas ficarem escuras nas bordas e a planta fica atrofiada.

A cana-de-açúcar consome uma grande quantidade deste nutriente e responde bem à sua adição ao solo, como mostra a tabela abaixo.

A quantidade de potássio que a cana extrai do solo e fica contida em seu colmo e na suas folhas, segundo a PLANALSUCAR⁸, na variedade CB 41-76, é a seguinte:

⁸ Citado no relatório ELETROBRAS (1984).

Quadro 3.4. Quantidade média de potássio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.

Potássio (K)	Colmos		Folhas		Colmos+Folhas	
	(kg/100 ton)		(kg/100 ton)		(kg/200 ton)	
	Planta	Soca	Planta	Soca	Planta	Soca
	64	71	89	102	153	173

Fonte: ELETROBRAS (1983).

A forma de absorção do potássio pelas raízes é o cátion K^+ em solução. A planta vai absorvendo a solução e transpirando água, retendo o potássio.

No vinhoto o potássio tem chance de retornar à cultura em forma prontamente aproveitável pela planta. A quantidade de potássio no vinhoto é de 960 g/m^3 (ELETROBRAS, 1984).

6.2. Consumo de energia para a mineração, processamento, transporte e embalagem de fertilizantes potássicos

As pesquisas que indicam valores de consumo de energia para a extração do minério, purificação e granulação são:

Quadro 3.5. Avaliações da energia despendida para obtenção de fertilizantes potássicos - autores e valores (Mcal/Kg).

Autores	muriato de potássio - KCl	K_2O
Lockeretz (1980)	1,10	
Leach (1976)		2,15
Engelstad (1985) -USA	1,24	
Engelstad (1985) - Europa	2,20	
Dovring (1989)	2,50	

O custo energético aproximado de transporte e embalagem do produto foi contabilizado por Leach para a Inglaterra em 500 Kcal/Kg e por Engelstad (1985) em 1800 Kcal/Kg para os EUA.

Neste trabalho serão considerados os valores de Engelstad para os EUA, com a aproximação de 3,00 Mcal/Kg para produção, transporte e embalagem.

6.3. O potássio e o ecossistema

O potássio é um elemento abundante nas suas formas estáveis, combinadas em rochas e estratos minerais. Quando ocorre aplicação excessiva do nutriente, há formação de sais e estabilização do potássio nas lamelas de argilas, siltes e outros minerais onde o cátion se aloja.

Não encontrei referência a estado tóxico da cana devido a aplicações de potássio, nem qualquer dano ambiental substancial devido à presença excessiva deste sal.

A extração e o processamento dos sais para obtenção do potássio não serão considerados poluentes para efeito deste trabalho.

6.4. A fertirrigação e o potássio

A aplicação controlada de vinhoto pela fertirrigação supre grande parte das necessidades de potássio da cana-de-açúcar. Como visto anteriormente, o potássio não é retirado no processamento da produção de álcool, retornando ao solo em forma aproveitável pela planta. O potássio tem boa mobilidade no solo, e em solução consegue boa distribuição e disponibilidade para absorção pelas raízes.

Onde ocorrerem calagens pesadas pode haver deslocamento de potássio pelo cálcio, com conseqüente queda de produção.

7. O VINHOTO E A FERTIRRIGAÇÃO

O vinhoto é usado como fertilizante após correção de pH e adição de componentes nutricionais, sendo preferencialmente lançado como fertirrigação em áreas próximas à usina. Alguns fornecedores da usina associada já compram vinhaça, concentrada na própria, para fertilização. As dosagens dependem do solo e da composição da vinhaça. A aplicação de grandes doses de vinhoto em certas épocas pode aumentar o crescimento vegetativo, acarretando alterações na curva de maturação.

Na adubação por fertirrigação o nutriente é transportado por caminhões que tracionam tanques plásticos com fibra de vidro, com capacidade de até 60 mil litros. O composto é distribuído na roça por conjuntos de motobombas e aspersores.

Segundo Hespanhol (1979) o restilo contém pequenas quantidades de açúcares não fermentados e elevada concentração de substâncias orgânicas tais como dextrinas, melanoidinas, resinas, gomas, amidos, ácidos orgânicos, aminoácidos e enxofre, que entram rapidamente em fermentação e decomposição, desprendendo odor de gás sulfídrico.

Os biofertilizantes efluentes da biodigestão do vinhoto contêm, além da matéria orgânica, as seguintes proporções de nutrientes inorgânicos, em g/m³: 140 de N - 197 de P₂O₅ - 960 de K, segundo Hespanhol (1979).

Os efeitos adversos da aplicação do vinhoto no solo já foram motivo de apreensão logo ele passou a ser produzido em grandes quantidades⁹, sem que se dominasse alguma tecnologia de seu uso. O lançamento do vinhoto nos cursos de

⁹ O vinhoto é produzido à razão média de 13 litros por litro de álcool fabricado.

água chegou a ser proibido, e não eram conhecidos seus efeitos no solo então. Hoje é um produto comercializado com bons rendimentos. Duas teses de doutoramento, Casarini (1989) e Cruz (1991), indicaram efeitos benéficos da fertirrigação com vinhaça ao solo e poucos danos às águas.

8. O CALCÁRIO

Os solos com pH baixo ($5 \geq$) em geral contêm grandes quantidades de hidróxidos de alumínio e manganês. A correção da sua acidez torna-se necessária já que os elementos alumínio, manganês e hidrogênio em excesso são tóxicos à cana-de-açúcar e prejudicam a absorção de nutrientes. Para esta correção, o mais indicado é a adição de calcário.

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola¹⁰, a agropecuária brasileira utilizou em 1990 apenas 20% da capacidade instalada de moagem de calcário, para uma demanda potencial estimada de solos ácidos a serem corrigidos 25% superior à capacidade nominal instalada. Esta associação propagandeia ainda a possibilidade de incremento de produtividade média de grãos de 35%, apenas com a correção de acidez e mantendo-se outros parâmetros de manejo tecnológico. Certamente este insumo tem problemas de relação custo/benefício.

A calagem deve ser feita quando a quantidade de cálcio e/ou magnésio trocáveis no solo estiverem em níveis insuficientes, ou quando os teores no solo dos elementos tóxicos citados estiverem altos.

¹⁰ Folheto de divulgação sem data impressa, divulgado em 1995.

Os níveis críticos são (ELETROBRAS,1984):

cálcio = 150 ppm - Ca⁺⁺

magnésio = 80 ppm - Mg⁺⁺

alumínio = 90 ppm - Al⁺⁺⁺

Solos minerais com $5 \geq \text{pH}$ têm sua capacidade ativa de trocas catiônicas ocupada principalmente por Al^{3+} e Mn^{2+} , dificultando a reação de trocas de cátions e ânions com os elementos fertilizantes. Em solos orgânicos os cátions trivalentes Al^{3+} são fortemente retidos, sendo que menos de 50% do Al pode ser extraído com KCl (Engelstad,1985). Os solos orgânicos ácidos têm pouco Al em $\text{pH} \geq 5$.

A correção do pH do solo pela calagem é utilizada nos solos ácidos para melhorar sua fertilidade, entretanto esta medida pode não ser economicamente viável e pode também implicar em mudanças ambientais significativas.

Um ecossistema que passa por ação tão importante quanto a mudança do pH do solo para alterar sua camada vegetal altera também as demais plantas originais, sua microbiologia do solo, as relações tróficas das cadeias, ou seja, é uma função de força que transforma fundamentalmente o ecossistema.

Uma solução para estes problemas é a pesquisa e desenvolvimento de variedades tolerantes ao Al e adequadas aos solos ácidos.

Os efeitos da calagem sobre a disponibilidade de nutrientes no solo são sentidas com a maior disponibilidade de Mg, melhor utilização de NH_4^+ e NO_3^- pelas plantas, menor lixiviação de potássio, maior disponibilidade de P no solo pela neutralização de Al^{3+} . Em geral a matéria orgânica se decompõe mais rapidamente em solos neutros que em solos ácidos, mineralizando esta matéria

com conseqüente maior disponibilidade de N, P, S e micronutrientes (Engelstad, 1985).

Em geral 2 a 4 ton/ha satisfazem a cana, devendo-se preferencialmente aplicar calcário dolomítico. No preparo do solo para o plantio a empresa aplica em média uma tonelada por hectare.

A quantidade de cálcio que a cana extrai do solo e fica contida em seu colmo e na suas folhas, segundo a PLANALSUCAR¹¹, na variedade CB 41-76, é a seguinte:

Quadro 3.6. Quantidade média de cálcio contido nos colmos e nas folhas da cana-de-açúcar.

	Colmos (kg/100 ton)		Folhas (kg/100 ton)		Colmos+Folhas (kg/200 ton)	
	Planta	Soca	Planta	Soca	Planta	Soca
	Cálcio (Ca)	59	35	48	32	107

Fonte: ELETROBRAS (1983).

8.1. Consumo de energia para a mineração, moagem e transporte de calcário

Macedônio (1985) realizou levantamento junto a fornecedores no município de Almirante Tamandaré - PR e considerou como principais variáveis o consumo de combustível para extração (9.138 Kcal/ton), a energia elétrica para moagem (31.800 Kcal/ton) e o transporte. O valor calórico médio obtido foi de 132.822 Kcal/ton.

Leach (1976) contabiliza o consumo total em 478 Kcal/Kg de calcário entregue.

Terhune (1980) estima o dispêndio energético para mineração, manufatura e transporte em 315 Kcal/Kg para calcário bruto e em 2 408 Kcal/Kg para Cal.

¹¹ Citado por ELETROBRAS, 1984.

Neste trabalho será considerados que os dados de Macedônio têm a melhor aproximação para os custos energéticos diretos da região em estudo, principalmente em virtude da forte presença do item transporte na composição dos dispêndios energéticos totais, e que a geografia do estado do Paraná permite correspondência na distribuição das áreas agrícolas de cana com o estado de São Paulo.

✎ Não se considera que os problemas ambientais da mineração e processamento do calcário sejam relevantes em termos energéticos e que da aplicação incorreta ou excessiva de calcário não deriva poluição ou problema ambiental de vulto.

9. DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E AGROTÓXICOS¹²

Os agrotóxicos são compostos que demandam grande uso de energia para produção, mas levando-se em conta as pequenas quantidades normalmente aplicadas do produto, seus custos energéticos de produção são de pouca relevância. A energia despendida para a produção de defensivos agrícolas varia entre o mínimo de 13.000 Kcal/Kg até 110.000 Kcal/Kg (Pimentel, 1980).

Os principais problemas relacionados aos agrotóxicos estão nos danos colaterais à biota local e ao ecossistema envolvido no cultivo, à contaminação da água e do solo com agentes danosos à saúde humana e à biota, e ao longo período residual de alguns destes agentes. Os efeitos de aplicação de drogas depressoras

¹² O termo *defensivo agrícola* é preferido pelos produtores de drogas e elementos tóxicos, e nos remete a uma das funções que os produtos realizam, que é a proteção das plantas agricultadas, sem se referenciar à toxidez ao ecossistema do entorno. O termo *agrotóxico* é usado oficialmente na legislação e pelo governo, referindo-se aos mesmos produtos. Como existem produtos de baixa toxidez ao ambiente e que controlam pragas e doenças de plantas, eles serão nominados de *defensivos agrícolas* e os demais de *agrotóxicos*.

ou estimulantes a subsistemas ambientais afeta profundamente a estrutura das relações entre todos os subsistemas do ecossistema.

A agricultura de cana demanda cuidados de sanidade intensos, pois as doenças são muitas e a falta de controle sanitário pode levar à inviabilização econômica do cultivo. Desde a chegada da cana no Brasil são registradas pragas que levavam a grandes prejuízos os plantadores (particularmente o mosaico na década de 20). Em 1925 iniciou-se a introdução e substituição das variedades suscetíveis a doenças por híbridos resistentes (Bastos, 1987)¹³.

9.1. As doenças da cana-de-açúcar

As principais doenças que acometem os canaviais, suas implicações e medidas sanitárias são:

Grupo Vírus

- Mosaico. Vírus que está instalado no país há longo tempo e causando grandes prejuízos. Em canaviais totalmente infectados e em variedades suscetíveis, as perdas podem variar de 46% a 86%. As medidas sanitárias são o arrancamento de plantas doentes, o emprego de mudas sadias e uso de variedade resistente.
- Estrias Cloróticas. Ocorrem em solos mal drenados e são associadas à podridão de raízes por razões diversas. O controle é feito pelo uso de mudas sadias, drenagem dos solos e evitando contaminação de áreas sadias.

¹³ As descrições das doenças e medidas sanitárias foram baseadas nesta obra citada.

Grupo Bactérias

- Raquitismo de soqueira. Doença espalhada pela maior parte dos canaviais do mundo, pode gerar perdas que variam de 5% a 50% do canavial. A soqueira degenera e produz baixa qualidade de cana. O controle é feito pelo tratamento térmico dos talos a serem usados para o plantio, pelo arrancamento de plantas doentes e mudança para variedades resistentes.
- Escaldadura das folhas. A bactéria *Xantomonas albilinea* tem distribuição generalizada pelo país e causa sintomas parecidos com o Raquitismo de Soqueira, sendo que a doença em fase aguda e em variedades suscetíveis pode acarretar a perda total do canavial. O controle da doença é feito pela eliminação de plantas doentes, pelo emprego de mudas saudáveis e pela mudança para variedades resistentes e tolerantes à bactéria.
- Estrias vermelhas e estrias mosqueadas. São tipos de pseudomonas que atacam colmos e folhas com menor extensão de distribuição geográfica de contaminação e grau de danos. O controle é feito pela mudança para variedades resistentes e uso de mudas saudáveis.
- Outras bactérias. A microflora bacteriana da cana eventualmente pode se desequilibrar com a presença excessiva de outras *pseudomonas*, *xantomonas* e *erwineas*, caracterizando doenças. O controle do patógeno nestes casos é a termoterapia das mudas, a busca de variedades resistentes à bactéria patogênica e o arrancamento de plantas doentes.

Grupo Fungos

- Carvão. O fungo *Ustilago scitaminea* é presente em toda a região centro-sul do país. Os prejuízos vão até a perda de 70% do canavial, além da necessidade

de troca da variedade para outra mais resistente. As medidas de controle são : uso de mudas saudáveis, extermínio químico de touceiras doentes, queima de canaviais contaminados e regulamentação regional para controle da doença quanto a variedades e cuidados.

- Mancha ocular. Ocorre em pequena escala nos invernos chuvosos e úmidos, gerando perdas de açúcar, destruição das folhas e podridão dos topos da planta. Deve ser evitado o plantio de variedades suscetíveis em baixadas, margens de rios e lagos e onde se acumula neblina no inverno. A aplicação exagerada de vinhoto em áreas de reforma de canaviais pode favorecer o aparecimento do fungo.
- Podridão vermelha. Fungo que ataca toda a planta em todas as fases de desenvolvimento. As perdas de sacarose podem ir de 50% a 70%, sendo que em estágios avançados de infestação a cana não deve ser processada na usina pois as invertases produzidas pelo fungo no caldo podem multiplicar as perdas. A única medida de controle é a mudança para uma variedade resistente.
- Outros fungos. Os outros fungos de menor infestação ou menores danos aos canaviais são : *Cercospora longipes*, *Cercospora vaginae*, *Cercospora atrofiliiformis*, *Cochibolos stenospilum*, *Leptospheria sacchari*, *Cytospora sacchari* e *Gnomonia iliau*. Em geral os prejuízos financeiros não são de grande monta, mas as pesquisas genéticas de melhoramentos consideram estes fungos como patógenos.

Nematóides

Os nematóides são vermes microscópicos que habitam o solo e as plantas, alimentando-se diretamente dos nutrientes delas. Eles inoculam toxinas que

interferem nos processos químicos e nutricionais das plantas, gerando deficiências de desenvolvimento e até o secamento total.

Os nematóides podem ser controlados em parte com o aumento de matéria orgânica no solo que estimula seus inimigos naturais e cria condições físico-químicas desfavoráveis. Existem variedades de cana resistentes que podem ser usadas onde a infestação é extensa. O uso de nematicidas pode causar problemas à microbiologia do solo e intoxicação na biota do ecossistema. Quando usado em áreas restritas e com moderação podem ser obtidos bons resultados de controle e bons resultados econômicos. Os ganhos de produção pelo uso de nematicidas giram ao redor de 26 ton/ha para cana de ano e meio e 9 ton/ha nas soqueiras.

Broca-da-cana

A broca é uma praga que causa imensos prejuízos em todo o país, infestando cerca de 10% de colmos dos canaviais do centro-sul e acarretando perdas médias de 7 kg de açúcar por tonelada de cana processada. O inseto é uma *Diatraea* (*Lepidoptera*), sendo as mais comuns as *D. saccharalis* e *D. flavipenella*, que na sua fase de larva infestam os colmos. A praga gera perda de peso, brotação lateral, canas quebradas, atrofia e permite a penetração de fungos nas galerias, principalmente o da podridão-vermelha.

As recomendações de controle biológico indicam o estímulo a inimigos naturais do inseto como fungos, bactérias, vírus, protozoários, nematóides, insetos e artrópodes predadores, animais superiores e insetos parasitos. Estes últimos são os de maior uso, com tecnologia mais dominada e de maior sucesso. Os inseticidas têm levado ao aparecimento de resistência, de depressão de inimigos naturais e de novos problemas ambientais.

Cigarrinhas da cana

As duas espécies de maior ocorrência são as *Mahanarva posticata* e *M. fimbriolata*, que infestam todo o país. Com uma infestação média de 10% a 15% ocasiona uma perda de cerca de 20% do peso total da cana, e em casos severos de até 30%. O controle é feito com defensivo químico.

Lagartas

As principais pragas pertencem às espécies : *Spodoptera frugiperda*, *Mocis lapides* e *Leucania sp.* Tal como para a broca, as recomendações são os estímulos aos inimigos naturais e a preservação de gramíneas invasoras até cessar o ataque das lagartas. Se a cana estiver pequena e as lagartas também, pode-se usar inseticidas de ação rápida e curto poder residual.

Outras pragas

As outras pragas de maior relevância são : besouros, cupins, pulgões, cochonilas e gafanhotos. O controle biológico natural de cada praga implica no incentivo aos inimigos naturais e mesmo a introdução destes onde não existirem em quantidade suficiente, em limpeza dos canaviais de invasoras hospedeiras de vetores, de troca por variedades de cana resistentes, aração do solo e outras medidas dependendo do inseto e do grau de infestação. Os insetos podem ser controlados ainda com produtos químicos.

9.2. Os herbicidas

Os herbicidas são elementos tóxicos a plantas específicas e servem para controlar a infestação destas plantas não desejadas no cultivo. As plantas invasoras competem por recursos de solo e fertilizantes, pela água e pela luz, causando menor desenvolvimento da cana e conseqüente perda de produtividade. O controle destas plantas é feito segundo a agressividade da planta na concorrência pelos recursos, pelo grau de infestação e pelo tamanho das plantas na ocasião.

Algumas invasoras como o capim colônia se confundem com a cana e são muito competitivas e resistentes, sendo necessário seu arrancamento, em lugar de aplicação de tóxico. Outras invasoras são mais frágeis e a própria cana as deprime com o fechamento da touceira e sombreamento. As operações mecânicas de preparo do solo realizam parte do controle das invasoras e o cultivo mecânico e manual também deprime grande parte destas plantas, restando aos herbicidas ainda o papel de controlar o restante da disseminação destas plantas indesejadas.

As marcas de herbicidas estão cada vez mais especializadas, com o elemento tóxico atacando aspectos botânicos específicos das plantas a serem combatidas, e não intoxicando as demais, especialmente a cana.

A época da aplicação pode ser de:

Pré-plantio, quando se deve evitar gradeações e em áreas sujeitas a erosões, e onde o solo vai ficar esperando o plantio por algum período (em cana de ano e meio por exemplo).

Pré-emergência, antes da brotação da cana, para controlar a germinação das invasoras de desenvolvimento muito rápido.

Pós-emergência, quando as invasoras já estão disseminadas e concorrendo com a cana.

9.3. Os defensivos, os agrotóxicos e o meio ambiente

O uso de pesticidas é um fator de ganhos de produtividade e de produção em larga escala de monoculturas. A escala e o fato de apenas uma planta estar sendo cultivada no ecossistema propicia condições ambientais favoráveis a insetos, nematóides, fungos e vetores oportunistas, que encontrando alimentos em abundância, facilidade de propagação e inexistência de predadores, reproduzem-se e suas populações crescem até níveis que prejudicam a safra de produtos objetivados, sendo então considerados pragas ou doenças.

Para controlar as populações da biota indesejável podem ser combinadas várias táticas de manejo. Podem ser aplicados produtos tóxicos a esta biota, controladas as condições ambientais de função de força de proliferação de pragas e doenças, estimulado o crescimento de inimigos e predadores dos vetores indesejáveis e desenvolvidas cultivares de plantas resistentes a estes vetores.

A própria condição da cultura agrícola dita "moderna" é a depressão da biota, transformando um ecossistema numa combinação de fatores de produção de uma ou mais plantas, com um suporte de biota mínimo, isto em grande extensão de terras.

Estes produtos químicos são motivo de apreensão em todo o mundo, pois podem contaminar água subterrânea, água superficial e de drenos, o solo, a atmosfera e estruturas orgânicas, dependendo da solubilidade do ingrediente e do tipo de solo, técnicas de aplicação e quantidade aplicada.

Os custos à saúde e ao ambiente incluem a depressão e destruição de outros organismos não objetivados, a deposição em organismos que concentram o pesticida e atingem outros organismos na cadeia alimentar incluindo homens, além de doenças e outros danos à biota local.

A aplicação de controle químico de pragas pode ainda gerar mais problemas que soluções, quando ocorre o "princípio Volterra", em que os sobreviventes de aplicações de praguicidas passam a crescer em taxas muito superiores aos seus predadores naturais que tiveram suas populações restritas pela ausência de suas presas. Assim as pragas se recuperam mais rapidamente que os predadores e formarão populações maiores que as originais (Ehlich, 1993).

O contraponto à agricultura de uso intensivo de agrotóxicos são os ecossistemas produtores de produtos comerciais que mantêm características ambientais de diversidade, equilíbrio e integração com o ecossistema mais abrangente em que esteja inserido. O manejo do agroecossistema pode ser feito para economia de aplicação de agrotóxicos, tal como a rotação de culturas, introdução e manutenção de inimigos naturais às pragas e melhores cuidados com o solo. O sucesso destas práticas tem contribuído para a retirada de produtos altamente poluentes e tóxicos do mercado, sem que a produtividade dos ecossistemas caia.

Existe também por parte dos grandes produtores de agrotóxicos uma corrida ao atendimento da demanda por produtos químicos com mínimos danos ambientais. A regulamentação oficial, a fiscalização e a pressão do mercado estão empurrando a concepção dos produtos para melhores adequações ambientais, maior especialização dos produtos e menor toxidez.

O custo energético de pesquisa e desenvolvimento de controle biológico não será considerado neste trabalho, já que fica diluído na difusão da tecnologia por grandes extensões de uso, revertendo em maiores impostos que pagam pesquisas em órgãos públicos, e nos produtos comerciais que imbutem em seus preços estas pesquisas quando feitas em empresas.

9.4. Os defensivos químicos indicados nas planilhas da empresa

As planilhas de custos da empresa estudada indicam o uso e custos dos principais defensivos aplicados.

ALDRIN¹⁴

Os organoclorados por serem lipossolúveis se acumulam nas gorduras de organismos e percorrem rapidamente a cadeia alimentar, quando usados em quantidades excessivas. O Aldrin, utilizado para proteger as mudas, controla nematóides e insetos, mas ataca toda a microbiota do solo e pode causar danos em doses altas a pássaros, peixes e outros animais. O organoclorado banido de uso DDT tem um isômero com nítida atividade estrogênica que pode reduzir fertilidade em animais. O Aldrin é ainda um poderoso indutor de oxidase hepática.

A estabilidade dos organoclorados no ambiente é alta, persistindo o Aldrin no solo por 10 a 12 anos. O uso intensivo de Aldrin e sua longa estabilidade no solo levam ao desenvolvimento de resistência dos insetos ao grupo dos organoclorados (principalmente ao dieldrin derivado da oxidase do Aldrin no solo). O modo predominante de transporte é pelo sedimento, com LD₅₀ para ratos de 35 mg/kg.

¹⁴ Este texto sobre Aldrin está baseado em Ottaway (1982).

2,4 D

Herbicida de designação química de fenoxis, considerado potencialmente não-polvente quando aplicado corretamente, é de rápida degradação, liberando elementos químicos que podem ser considerados nutrientes para as plantas ao degradar (Arevalo, 1980). O herbicida é de grande mobilidade, assim como os produtos de sua degradação, sendo que a contaminação da água superficial e de subsolo se dará dependendo da quantidade aplicada (Canter, 1986). O produto fenoxi 2,4,5-T teve restrição de uso nos EUA por conter o tóxico dioxina (resíduo de fabricação) que tem propriedades teratogênicas e cancerígenas, até que fosse sintetizado com menos de 0,1 ppm de dioxina. Não há comprovação da presença de dioxina no 2,4-D (Arevalo, 1980). A LD₅₀ para ratos é de 370 mg/kg, indicando toxidez muito alta em relação aos demais herbicidas, e sua persistência no solo é de 10 a 30 dias aproximadamente.

DIURON

Herbicida do grupo das uréias, o diuron é degradado pela planta pela perda de um grupo metilo, gerando derivado nitrito e conjugado não tóxico (Arevalo, 1980). O modo predominante de transporte é pelo sedimento, com LD₅₀ de 3.400 mg/kg, persistindo no solo por aproximadamente 200 a 500 dias (Canter, 1986).

9.5. Energia e custos para produção de defesa agrícola.

Segundo Pimentel (1980), a energia para produzir o ingrediente ativo do herbicida 2,4 D é de 24,20 Mcal/Kg e do Diuron 64,29 Mcal/Kg. Quando considerados a produção, formulação, embalagem e transporte, o consumo médio para herbicidas é 83,09 Mcal/Kg. Para os inseticidas o valor médio é de 74,30

Mcal/ Kg. A formulação, embalagem e transporte corresponde a 1/3 do total dos insumos.

O consumo médio para formicidas em pó segundo Pimentel é de 21,34 Mcal/Kg.

Leach (1976) estima o custo do 2,4-D em 22,64 Mcal/Kg para a produção.

Serão adotados os valores médios de Pimentel, considerando que os diversos herbicidas, inseticidas e formicidas são aplicados de acordo com necessidades ocasionais.

Neste capítulo foram estimados os custos financeiros e energéticos dos fatores de produção que são funções de força no ecossistema, bem como analisados os impactos da ação de insumos e trabalho nos agroecossistemas da cana-de-açúcar. As unidades de referência são os dispêndios energéticos para obtenção e uso dos insumos e trabalho, aparecendo também os custos financeiros como base para estimação de importantes fatores como o trabalho humano e equipamentos no que refere à aquisição, depreciação e manutenção. Estes dados comporão uma parte dos valores das planilhas dos custos financeiros e energéticos do modelo primário, estruturadas a partir das informações do capítulo anterior, que estão no capítulo 5.

O próximo capítulo entra agora nas questões mais ligadas ao meio ambiente, analisando e estimando valores energéticos dos efeitos do manejo de ecossistemas para produzir cana-de-açúcar.

CAPÍTULO 4

O MEIO AMBIENTE DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR. CUSTOS E ENERGIA ENVOLVIDA

No capítulo anterior foram estimados os custos financeiros e energéticos para obtenção de insumos e trabalho usados na produção da cana-de-açúcar. Foram também analisados os impactos destes fatores de produção no meio ambiente.

Neste capítulo os compartimentos, ou subsistemas, de ecossistemas alterados para produção agrícola são avaliados quanto às alterações produzidas e às perdas impostas. As valorações estão baseadas nos índices discutidos no capítulo 1, e suas estimações foram definidas a partir da apropriação de dados secundários.

O cultivo de cana tem atualmente características tecnológicas próprias, sendo as extensões das plantações de grande porte e em áreas contíguas, para atingir produtividades que viabilizam financeiramente a atividade. As razões de ordem técnica e econômica são:

1. Para a preparação do solo com confecção de contenções, curvas de nível e nivelamento são utilizados equipamentos de difícil transporte, manutenção e operação em campo. O uso destes equipamentos pesados somente se torna

economicamente viável se forem operados para grande quantidade de trabalho, que demanda grandes extensões de terra.

2. O plantio e trato cultural é mais barato se operado em grandes extensões de terra pelo mesmo motivo anterior.

3. A queima da cana para facilitar o corte impede a proximidade de outro cultivo ao talhão a ser queimado, pelos danos que o calor e a proximidade do fogo geram.

4. A colheita manual e o transporte são mais baratos se os canaviais tiverem grandes extensões.

5. A colheita mecanizada usa equipamentos que são viáveis economicamente se usados para colher áreas extensas e talhões contíguos.

6. A aplicação dos insumos modernos tem menores custos se as extensões das plantações forem de grande porte.

Se somente os argumentos econômicos são considerados, temos esta realidade na região de Ribeirão Preto: os mares de cana¹. Levar em conta o meio ambiente é função das pressões sociais pela manutenção do que deveria ser um bem comum, que é a vida na terra.

1. A LEGISLAÇÃO ENVOLVENDO AGROECOSSISTEMAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

A principal preocupação em relação à produção de álcool e seus efeitos poluidores no início do PROÁLCOOL era o lançamento de vinhoto em rios. A Portaria nº 323, de 29 de novembro de 1978, do Ministério do Interior proibiu o lançamento de vinhaça, restilo ou caldas de destilaria em qualquer coleção

¹ Também chamados de desertos de cana por ambientalistas.

hídrica do país. Hoje o vinhoto é vendido pelas usinas e este já não é um grande problema.

A legislação brasileira sobre meio ambiente que cobre aspectos relacionados ao cultivo de cana-de-açúcar depende ainda de regulamentações e definições de caráter do que seja impacto ambiental, das abrangências, de ações fiscalizatórias e punitivas e do caráter de obrigatoriedade e eficácia das ações mitigadoras.

A Lei nº 88.351, de 1º de julho de 1983, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, refere-se no art. 18 que o funcionamento de atividade utilizadora de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores, ou capazes de causar degradação ambiental, dependerá de prévio licenciamento por órgão integrante do SISNAMA. Essa lei foi revogada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, que manteve o mesmo texto no seu art. 17.

Em sua Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, o CONAMA estabeleceu responsabilidades e critérios básicos e diretrizes gerais para implementação da AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL, onde considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem :

" ...

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais."

No seu art. 2º a Resolução 001 do CONAMA recebeu um acréscimo por outra resolução do CONAMA de nº 11, de 18 de março de 1986, que inclui

entre as atividades que necessitam licenciamento e Estudo de Impacto Ambiental - EIA os :

"XVII - projetos agropecuários que contemplem áreas acima de 1.000 hectares ou menores neste caso, quando se tratar de áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental inclusive nas áreas de proteção ambiental" (CETESB. 1993).

1.1. Quais atividades devem fazer Estudos de Impacto Ambiental

A citação de atividades potencialmente capazes de gerar significativa degradação ambiental não libera outras atividades nem delimita valores, pois como diz Capelli (1993) sobre o art. 17 :

"Esse elenco não é número clausus pois o caput do mencionado artigo, após utilizar a expressão tais como, arrola várias atividades modificadoras do meio ambiente, cujo licenciamento depende da elaboração do EIA/RIMA".

Em seguida a autora considera que:

"A vantagem do rol exemplificativo (grifo do autor) constante da resolução do CONAMA é retirar a discricionariedade da Administração Pública para licenciar tais empreendimentos. Constem eles daquele rol, o órgão licenciador não poderá dispensar o EIA/RIMA sob a pena de invalidar o procedimento administrativo, eis que se trata de ato vinculado".

Sobre a dispensa de EIA/RIMA de atividade "significativamente degradante" a autora considera que esta deve ser

"fundamentada a partir de dados científicos e da experiência do órgão licenciador em casos análogos. Releva

notar que, ainda que se considere discricionária a atividade do agente (licenciador) em exigir ou dispensar o EIA/RIMA para atividades não elencadas no art. 2º

Mais adiante a autora complementa:

"Nenhum ato é absolutamente discricionário, eis que estará sempre vinculado ao Princípio da Finalidade do ato administrativo, que é, necessariamente, o interesse público "

(CAPELLI, 1993).

Assim é que as plantações de cana ocupam na região de Ribeirão Preto e Sertãozinho mais de 80% da área cultivada, com uma paisagem de mar verde de cana. As extensões de plantações contíguas caracterizam áreas de monocultivo com biota reduzida àquela mínima necessária remanescente da defesa agrícola e com demais aspectos físicos do ecossistema sob manejo intensivo para fins produtivos. As áreas contíguas ultrapassam os 1.000 hectares definidos em lei, tendo somente o entorno de um quilômetro do perímetro urbano de Sertãozinho plantado por cana a área de 4.500 hectares, com uma produção de 450.000 toneladas de cana².

O indefinido termo "projetos agropecuários" pode significar algo ainda não implantado, em estudos, e não delimita responsabilidades, posses e caracterizações geográficas, misturando um termo vago com medidas de hectares. A própria usina associada à empresa agrícola em estudo alardeia o uso de 70.000 hectares para produzir cana para suas moendas.

Os estudos ambientais sobre efeitos de cultivo de cana são restritos a aspectos específicos, ou generalistas, sendo que cada unidade de ecossistema deveria ser estudada particularmente quando da implantação de agricultura de

² Para o entorno de um quilômetro do perímetro urbano é proibida a queima da cana, e este dado da extensão do cultivo em 4.500 hectares foi apresentado em boletim da Associação das Indústrias de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (AIAA, 1991), como argumento contra a proibição da queima.

monocultivo em áreas extensas, e esta deve ter sido a intenção do texto da lei. A regulamentação determinando as unidades geográficas mínimas que mereçam estudos de impacto ambiental é uma tarefa política e certamente ocorrerá de acordo com as forças representativas dos interesses envolvidos.

1.2. Os requisitos dos Estudos de Impacto Ambiental para agroecossistemas de cana-de-açúcar

Se considerada a realização de estudo de impactos ambientais das plantações de cana, o art. 6º da Resolução 001/86 do CONAMA impõe como requisitos mínimos para caracterização de um EIA os itens abaixo :

1. Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto. Mesmo não sendo projeto, mas atividade já implantada, o estudo ambiental dos grandes agroecossistemas contíguos de cana deveria considerar as características naturais geofísicas, bióticas e antrópicas anteriores à implantação da cana, tanto dentro dos limites da plantação quanto da circunscrição física e social dos elementos afetados pela atividade, considerando as extensões das microbacias, do clima, de animais e plantas da região afetada, além da configuração da geografia humana regional.

2. Análise dos impactos ambientais. Como é visto nesta tese, as próprias características tecnológicas atuais do cultivo de cana são fortemente impactantes na maior parte dos casos. Entretanto cada plantação tem configurações geofísicas, bióticas e tecnológicas próprias, podendo causar danos com seu impacto ambiental de magnitudes e extensões que devem ser estudadas para cada situação, sendo que este mesmo meio físico absorve individualmente de forma diferenciada os impactos da plantação. Portanto a identificação correta de cada agroecossistema é de grande importância para o

estudo. Uma unidade que vem sendo adotada com sucesso para estudos é a da microbacia.

Um dos objetivos desta tese é contribuir para a fase de valoração dos impactos, tanto na extensão da análise quanto nos próprios valores que as diversas atividades impactam, ampliando as possibilidades de quantificação das escalas. Quanto à fase de interpretação, uma melhor referência sobre o assunto pode ser encontrada em Ab'Saber (1984).

3. Definição das medidas mitigadoras. As tecnologias de medidas mitigadoras são de domínio público de agrônomos e institutos de pesquisa e extensão rural, devendo ser obviamente apropriadas a cada caso.

4. Acompanhamento e monitoramento. Com o desmonte dos órgãos públicos promovido pelos últimos governos, a responsabilidade de acompanhamento e monitoração destes megassistemas de produção de cana está sem definição. Esta fiscalização será regulamentada também de acordo com as forças dos produtores e dos organismos interessados na defesa ambiental³.

1.3. A quem apresentar a conta ?

Atualmente quem paga a conta pelos desarranjos ambientais (e mesmo pelos crimes ambientais) são os cofres públicos e pessoas prejudicadas sem poder de barganha. Outra parte substancial das contas é "pendurada" em fiados a serem pagos por futuros interessados em sistemas ambientais, como fatores de produção ou por seus valores intrínsecos.

³ A função da empresa aqui é considerada como a de produzir sem ferir princípios éticos e legais, pois uma empresa não possui caracteres altruísticos, mas se move para maximizar seus retornos financeiros investidos. Os limites para suas operações são definidos em lei. Se a empresa protege seu meio ambiente e seus trabalhadores é para maximizar o retorno financeiro. Sobre a ética e as empresas, ver Fonseca (1993).

O princípio poluidor-pagador está na ordem do dia da política⁴, ainda que uma certa parcela dos custos acabe sempre repartida equalitariamente entre os que não tiraram proveito da causa geradora da poluição. As regras, regulamentos e leis refletem *status quo* de poderes de partilhar bens e socializar receitas e despesas entre grupos de força. Estamos na infância do processo civilizatório no que se refere ao estabelecimento de regras democráticas de nossa relação com o meio ambiente.

2. A QUEIMA DA CANA PARA A COLHEITA E SEUS EFEITOS AMBIENTAIS

A queima da cana para corte é um problema ambiental sensível, chegando a poluição do ar nas ocasiões de queimadas em regiões do interior de São Paulo a apresentar índices piores que os do centro da capital paulista. O governo do Estado de São Paulo, num arroubo ambientalista do governador Orestes Quécia em 1988, proibiu expressamente a queima da cana no Estado⁵. Os produtores de cana se uniram aos sindicatos de trabalhadores rurais, que também se sentiram lesados, pois aumentava o trabalho sem a devida remuneração, e o decreto não durou um mês. O decreto seqüente⁶ limitava a proibição a uma distância de um quilômetro do perímetro urbano das cidades. Esta é uma lei que ainda não pegou nas cidades sem fiscalização e com baixa capacidade de defesa ambiental.

⁴ Para uma análise mais profunda do tema, recomendo o artigo de Benjamin (Benjamin A. H. V. O princípio poluidor-pagador e a reparação do dano ambiental, in Capelli, 1993) que propõe a privatização dos custos ambientais e o fim das subvenções públicas aos poluidores.

⁵ Decreto estadual nº 28.848, de 30 de agosto de 1988.

⁶ Decreto estadual nº 28.859, de 20 de setembro de 1988.

A função da queima da cana é melhorar a capacidade de corte pela limpeza de folhas, espinhos, outras plantas invasoras, cobras, aranhas e outros insetos. O trabalho do corte manual exige grande esforço muscular em períodos extensos, podendo ser considerado insalubre e de periculosidade segundo Scopinho (1995). As doenças ocupacionais e acidentes de trabalho são freqüentes, e sem a queima o trabalho se torna ainda mais penoso e perigoso.

O corte manual da cana sem queima é dificultoso, pois a folhagem atrapalha o manuseio do podão e o movimento dos membros, além de impedir a boa visualização do local do corte do colmo. A retirada das folhas e das pontas consome muita energia do trabalhador.

As queimadas devem ser realizadas ao entardecer ou à noite e com a umidade baixa, para que o fogo seja rápido e para diminuir a temperatura a que a cana será submetida. O calor rompe a casca e faz com que a sacarose exude, gerando perdas da sacarose e da qualidade da cana, à qual gruda o solo prejudicando a industrialização (este solo gera também pressão ambiental por água limpa para lavação e pela lama decorrente). Ocorre ainda um ligeiro acamamento da cana que prejudica a colheita.

Existe todo um aparato de segurança para que o fogo não se espalhe e cause danos a outras plantações e instalações.

Quanto à qualidade ambiental, a queima da cana causa evidentes perdas de massa orgânica, mata toda a biota acima do solo que não conseguir se evadir, polui o ar com particulados e gases e desnuda o solo com perda de suas características de umidade e estrutura.

A manutenção da palhada não queimada no local após o corte é um fator de fertilização do solo, principalmente se a ele incorporada. Há um aumento do custo da operação de arados pelo embuchamento causada pela palha, mas o solo ganha fertilidade, melhor estrutura, melhor aeração e condições para a

microbiota, melhores condições de umidade, e o cobrimento do solo evita que a chuva o compacte e desestruture, diminuindo também o carreamento de partículas e erosões.

Para os moradores da região das queimadas ocorrem prejuízos principalmente em termos de perdas da qualidade do ar, com aumento de incidência de doenças respiratórias; o carvão suja casas e roupas, elevando o consumo de água e energia elétrica, e cresce ainda o número de acidentes em rodovias pela fumaça e labaredas.

Os custos e benefícios energéticos que podem ser atribuídos à queimada da cana são:

- para o solo : aumento do uso de fertilizantes industriais, das operações de revolvimento e de proteção, perda do solo por carreamento;
- para a saúde : aumento de doenças respiratórias;
- para os moradores : aumento do uso de água e energia elétrica;
- para a biota : perda de toda a biota acima do solo que não pode se evadir;
- para a água : diminuição do uso de água para lavação da cana e de lama;
- para os cortadores : menos trabalho e melhor saúde por tonelada cortada.

Considerando que os aspectos de fertilização, defesa agrícola e mecanização correspondem a cerca de 60% dos dispêndios totais e que a queima do canavial deprime o ecossistema, sendo necessário um manejo de maiores dispêndios energéticos na fase de produção, mas que gera menores dispêndios na colheita, estimei a diferença entre os dispêndios para cana queimada e os da cana crua em possibilidade de redução da mesma diferença de produtividade da colheita, ou seja, o menor custo de colheita da queimada equivale ao valor do dispêndio energético menor nos tratos culturais da cana crua. Os custos energéticos totais da cana queimada passariam a ser os mesmos da cana crua. Não estão considerados aí os aspectos envolvendo custos sociais.

A colheita da cana crua permite um ordenamento do plantio com maior adensamento das plantas e diminuição dos carregadores, com conseqüente melhor aproveitamento do solo e menor movimentação de descompactação e proteção contra erosão. Além disso permite a existência de outras plantas no entorno do talhão, sem o risco do fogo. Os cordões de fitossanidade podem gerar, além da proteção à cana, rendas de cultivos e melhorias no manejo ambiental.

3. A ÁGUA COMO FATOR DE PRODUÇÃO

Um grande desafio às sociedades desde as primeiras civilizações é a utilização racional da água. Os custos para a obtenção, manutenção e tratamento dos recursos hídricos são crescentes com a intensificação do seu uso, escasseando a água naturalmente limpa, aumentando o custo de tratamento da água suja e pressionando negativamente os ecossistemas.

O estado de São Paulo dispõe de abundantes recursos hídricos e com distribuição razoavelmente homogênea. Algumas áreas são mais problemáticas quanto ao uso da água, tais como os vales dos rios Piracicaba e Paraíba do Sul e a região metropolitana da cidade de São Paulo, com demandas de água para abastecimento urbano, de uso industrial e de uso dos rios como receptores de efluentes poluídos. A área alvo deste estudo, que abrange as bacias dos rios Mogi Guaçu, Pardo, Sapucaí e Grande, tem intensa atividade agrícola e grande número de unidades de processamento agroindustrial, tendo como principais as usinas de açúcar e álcool, granjas e usinas de processamento de cítricos.

A água de alguns pequenos rios da região está se tornando escassa pelo uso da irrigação, o que é motivo de preocupação dos órgãos públicos e mesmo dos

usuários prejudicados. Os rios maiores citados anteriormente são caudalosos e pelas características pedológicas da região são naturalmente de águas barrentas e mais suscetíveis ao carreamento de argilas e siltes em suspensão.

* A atividade agrícola de produção de cana pode ser feita sem danos à água superficial e aos lençóis aquíferos, desde que sejam atendidos procedimentos de manejo do solo e de aplicação de defensivos e de fertilizantes que são de conhecimento difundido e tecnologia plenamente dominada pela quase totalidade dos plantadores. A agricultura sem práticas conservacionistas prejudica o ambiente e impõe a médio prazo a perda de solo fértil, de insumos aplicados e da qualidade da água.

A água é considerada socialmente como "externalidade" (não implica em custo financeiro seu uso) e no Direito é vista como um bem comum, existindo entretanto pouca pressão legal e econômica para a devolução da água servida ao uso comum em boas condições de qualidade.

A agricultura de cana pode não afetar a qualidade dos recursos hídricos regionais quando observadas as práticas conservacionistas, mas também pode ser determinante para a deterioração e mesmo depleção destes recursos hídricos.

Os principais problemas oriundos da agricultura de cana em relação à água superficial são a eutrofização de corpos d'água, a poluição destes com defensivos agrícolas e o assoreamento de drenos, rios e reservatórios.

Os problemas gerados pelas usinas em relação à água se dão principalmente pela lavagem da cana a ser moída, que gera resíduo em suspensão de siltes e argilas, em quantidade que não permite a deposição deste material em cursos livres, sendo necessária a construção de lagoas de lama.

3.1. Problemas ambientais da água causados pela agricultura da cana

São apresentados a seguir os efeitos do monocultivo da cana na água: a eutrofização, a poluição por agrotóxicos e a sedimentação dos reservatórios.

3.1.1. Eutrofização

O processo de enriquecimento dos corpos de água em virtude de aumento de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio) gera aumento da produção orgânica e desestabilização prejudicial a estes corpos d'água, com excessivo crescimento de fitoplâncton, provocando o aumentando de DBO, geração de mais mosquitos, piora da qualidade de vida humana (saúde), menos peixes e vida aquática, e pior qualidade da água para abastecimento. As fontes não pontuais de poluição derivadas da agricultura levam sedimentos, produtos químicos adsorvidos em sedimentos, químicos dissolvidos (tais como nutrientes e pesticidas), metais pesados e materiais facilmente oxidáveis para os cursos livres e reservatórios.

A aplicação de fertilizantes de forma incorreta pode levar aos rios e reservatórios grandes quantidades de nutrientes. A principal incorreção é a aplicação de adubo de cobertura nitrogenado em solos descobertos e em período de ocorrência de chuva após a aplicação, quando este fertilizante é carregado juntamente com as enxurradas. São citadas na literatura as ocorrências de contaminação dos aquíferos por nitritos e nitratos, sendo que a legislação brasileira regulamenta a presença destes elementos em águas superficiais destinadas a abastecimento.

A aplicação incorreta ou excessiva de fertilizantes fosforados em solos sujeitos ao carregamento de partículas (*runoff*) tem causado grande problema aos corpos d'água continentais. O excesso de fósforo, combinado usualmente à

forte presença de compostos nitrogenados, leva a uma produção primária de matéria orgânica intensa, bem como estabelece condições favoráveis ao fitoplâncton que consome oxigênio da água e dificulta a reoxigenação desta, causa turbidez e dificulta a incidência da luz na água, aumentando ainda o número de insetos.

O custo energético da queda de qualidade da água pode ser avaliado das seguintes formas:

- Custo de tratamento da água de abastecimento público. A não-disponibilidade da água em boas condições gera gastos energéticos para tratamento desta água.
- Custos energéticos devido à necessidade de limpeza de reservatórios de macrófitas e algas que prejudicam a geração de eletricidade e à perda da capacidade de armazenamento da água pelo assoreamento.
- Custos da não-disponibilidade para lazer e turismo da água de reservatórios e rios.
- Custo da não-possibilidade de utilização dos recursos hídricos para piscicultura e pesca esportiva.

Um estudo comparativo do estado trófico de reservatórios do estado de São Paulo (Tundisi, 1988) indica, para três reservatórios da região deste estudo onde é produzida a maior parte da cana, que não havia então a eutrofização destes reservatórios⁷. O problema aparece na medida de transparência da água com disco de Secchi, com os reservatórios apresentando alta turbidez.

Os três reservatórios estudados por Tundisi são represamentos do rio Pardo, que apresenta características naturais de turbidez que o nominaram mas que drena uma região com características pedológicas de materiais finos transportáveis em suspensão que facilmente se deslocam aos rios e

⁷ Não havia eutrofização considerando o Índice de Estado Trófico de Carlson para Fósforo total dissolvido, Clorofila a e condutividade elétrica.

reservatórios se não forem observados os cuidados de manejo do solo. Estes reservatórios estudados estão a montante da área central de produção de cana para a usina mas dentro do perímetro econômico de compra de cana e apresentam características pedológicas e topográficas pouco diferenciáveis do restante da área total da produção para a usina.

Em dissertação de mestrado, Gentil (1984) estuda dois reservatórios do rio Grande: o de Água Vermelha a jusante do rio Pardo e o de Jaguará a montante do mesmo rio, indicando como um principal problema a alta concentração de material em suspensão de origem alóctone para ambos os reservatórios.

3.1.2. Poluição da água com agrotóxicos

A água é recebedora final de grande parte da carga tóxica solúvel não degradada aplicada na agricultura. A água vai acumulando e sendo meio de dispersão e processamento das drogas.

O uso indevido destes produtos pode ser um problema de deficiência de informação do usuário, deficiência de treinamento ou ainda de má-fé, quando passa a ser caso de polícia. Novos assustadores dados são continuamente gerados sobre os efeitos adversos causados à biota por estas drogas, mas novos produtos com sofisticadas táticas de controle de pragas sem impactos ambientais são também continuamente apresentados pelos institutos de pesquisas e pelas indústrias.

A legislação brasileira sobre agrotóxicos é rigorosa quanto ao uso e comercialização, e somente permite licença para pesquisa e experimentação de novos produtos que sejam iguais ou menos danosos ao ambiente e aos humanos que aqueles já licenciados com funções assemelhadas (IBAMA, 1990)⁸.

⁸ Decreto-Lei nº 98.816, de 11/01/1990, que regulamentou a Lei nº 7.802, de 11/07/89.

Apesar de participar constantemente do discurso ambientalista sobre os danos da agricultura, os agrotóxicos têm mais registros de danos aos homens que ao ambiente naquela região.

Na região limítrofe à bacia em estudo neste trabalho está a Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí, que está passando por intensas investigações sobre seu comportamento ambiental relacionado a práticas produtivas, incluindo aí a agricultura. Ao consultar o Mapa de Fragilidades e Riscos do Meio Físico desta APA e sobrepor o Mapa de Unidades do Meio Físico da mesma APA, verifica-se que na área de uso do solo por agricultura de cana as bacias hidrográficas estão com "alta taxa de disposição de agroquímicos (pesticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas e fertilizantes)" segundo o texto do mapa⁹. Embora os mapas não cite especificamente, a dedução é que existe excesso de drogas na bacia hidrográfica, e este excesso é poluente.

Se reduzido o uso de agrotóxicos a somente aqueles reconhecidamente não-poluente, é possível obter rendimentos agrícolas semelhantes aos atuais, com mudanças de práticas de manejo de solo, de cultivo mecânico e de defesa natural. Estas tecnologias são de difusão ampla e de domínio de qualquer agrônomo em atividade.

3.1.3. O assoreamento dos rios, reservatórios e drenos por sedimentos

A entrada de sedimentos em cursos de água se dá principalmente na ocorrência de chuvas fortes após o revolvimento do solo. Os terraceamentos, contenções e curvas de níveis são em geral capazes de reter o solo carregado

⁹ Mapa de Fragilidades e Riscos do Meio Físico da Área de Proteção Ambiental de Corumbataí e Mapa de Fragilidades e Riscos do Meio Físico da Área de Proteção Ambiental de Corumbataí são de autoria do Instituto Geológico de São Paulo, 1995. Como fonte citada no texto está a "Elaboração do zoneamento ambiental e parâmetros do controle a restrições do uso e ocupação do solo; insumos técnicos a serem utilizados para a regulamentação da Área de Proteção Ambiental Corumbataí-Botucatu (Engea 1990).

nas enxurradas, mas a ocorrência de falhas nestas contenções, ou ainda a incorreção na execução destas obras, ocasiona o carreamento de partículas de silte e argila pelos drenos. Este material permanece em suspensão por longos períodos e é carregado por grandes distâncias. Os dados sobre o assoreamento do Reservatório de Bariri indicam valores desprezíveis da espessura do sedimento na superfície do fundo da represa, após aproximadamente 17 anos de existência (Paraguassu, 1988). Já a classificação trófica dos reservatórios para a transparência da água na região deste estudo mostra dois reservatórios eutróficos e um hipereutrófico entre os três analisados (Tundisi, 1988).

Os efeitos destas alterações na água são: diminuição da velocidade da água nos rios, aumento do substrato inorgânico, perda de transparência, alteração da estrutura química, diminuição de oxigênio dissolvido, aumento de nutrientes inorgânicos, alteração da biota aquática e da matéria orgânica dissolvida, aumento da biomassa de macrófitas, diminuição da capacidade de uso para lazer e turismo, aumento do custo de tratamento da água para abastecimento doméstico e industrial, perda de vazão e da capacidade de uso para irrigação, menor recarga e poluição de aquíferos, maiores custos de manutenção de reservatórios para hidroeletricidade.

3.2. Os custos do uso da água para a agricultura da cana

Os problemas expostos geram custos ambientais, que a seguir são descritos e avaliados em energia.

A perda de qualidade da água para uso produtivo e de consumo humano pode ser medida em parte pelo custo de limpeza desta água, pago pelo consumidor da água tratada e não pelo usuário que a deixa suja. Tundisi (1995) indica que a estimativa de custo para tratamento de água bastante contaminada seja quatro vezes maior que para a água quase limpa.

Caso não existisse a grande demanda pelo recurso nas regiões do plantio de cana, os efeitos da eutrofização e do carreamento de silte e argila seriam absorvidos naturalmente pelos corpos de água. A natureza sofreria uma pressão de redução de sua biota (ou uma expansão de biota poluente) como um preço pelo "progresso". Entretanto a região não dispõe da abundância de recursos hídricos que dilua esta poluição, antes já passando pela proximidade do fim da capacidade de absorção de elementos estranhos pelos sistemas hídricos, e até pela redução drástica de vazão de alguns rios em períodos do ano, pelo excesso de captação para irrigação.

Para comparação da poluição média da água causada pela agricultura moderna nos EUA em relação aos efluentes de esgoto tratado urbano, Novotny and Chester (1986) indicam:

- DBO -- a concentração de 7 mg/l é cerca de 25 a 50 % da concentração de esgoto tratado urbano que é de 15 a 30 mg/l.
- DQO -- a concentração de 80 mg/l é de igual a três vezes maior que a concentração de 25 a 80 mg/l do esgoto tratado urbano.
- Nitrogênio total -- a concentração de 9 mg/l é 30% daquela do esgoto tratado urbano de 30 mg/l.
- Fósforo total -- a concentração de 0,02 a 1.7 mg/l é cerca de 5% a 30% da concentração do esgoto tratado urbano de 5 mg/l.

O cenário de total falta de cuidados no manejo do solo e na aplicação de fertilizantes acarretaria danos à água equivalentes a 50% do DBO, 3 vezes o DQO, 30% de N total e 30% de P total de efluente de esgoto tratado urbano.

A limpeza de toda a água superficial poluída pela agricultura, por meio de unidades de tratamento, implicaria em custos irreais. Parte da demanda bioquímica e química de oxigênio da água é suprida pela aeração das correntes dos rios e pelo vento no epilímnio dos reservatórios. Entretanto, como não se

trata de fonte pontual de poluição, a carga poluidora mantém os rios e reservatórios em constante pressão, como uma função de força. Quanto ao fósforo, nitrogênio e particulados, há necessidade de intervenção para tratamento quando do pior cenário poluidor, com custos equivalentes aos de efluentes de esgoto tratado. Será considerada aqui a equivalência poluidora do pior cenário da agricultura de cana, a carga de 30% do efluente tratado urbano.

Note-se que grande parte dos elementos poluentes poderia reduzir a necessidade de fertilização se retornados ao solo, ou poderia ser aproveitada a produção primária excessiva nos reservatórios com tecnologia apropriada.

A proporção que cada hectare de cana contribui para a poluição dos recursos hídricos varia do mínimo de zero, com todos os cuidados ambientais executados corretamente, a um valor máximo em que toda a água que passa pelo hectare em média dos anos que dura a soca está poluída em equivalente a 30% de um efluente urbano tratado.

3.2.1. Água para abastecimento

A água tratada para abastecimento tem seu custo avaliado pelo consumo médio da população da região, multiplicado pelo custo médio local de tratamento por litro de água.

O município de Sertãozinho tinha em 1993 uma população de cerca de 80.000 habitantes, com a terra ocupada com cana no município correspondendo a cerca de 80% do total agricultado (cerca de 33.700 ha de cana).

O consumo de água tratada por habitante será considerado em média de 77l/hab./dia (Philippi, 1988)¹⁰. O preço médio¹¹ da água tratada para a região é de \$ 0,41 por metro cúbico.

¹⁰ Este valor representa menos da metade das estimativas usuais de consumo de água tratada na região por população urbana e foi usado por ser a menor estimativa encontrada na literatura.

Temos então o custo médio anual de tratamento de água em :

$$0,077 \text{ m}^3/\text{hab.}/\text{dia} \times 360 \text{ dias} \times 0,41 \text{ \$/m}^3 = 11,36 \text{ \$/hab.}$$

$$80.000 \text{ hab.} \times 11,36 \text{ \$/hab.} = \$ 909.216,00$$

Se cada hectare de cana gerar a renda anual suficiente para pagar o tratamento da água, o valor a ser gerado seria de $909.216/33.700 = 26,97 \text{ \$/ha}$

Compondo a relação entre a área de cana e os custos de tratamento de água e relacionando o potencial poluidor de fontes não-pontuais de agricultura, temos que o pior cenário de danos à água equivale a :

50% do DBO;

3 vezes o DQO;

30% de N total e

30% de P total de efluente de esgoto tratado urbano.

Considerando apenas um cenário pessimista onde a agricultura polui as fontes de água de consumo em 30 % do custo total de limpeza (a menor correspondência entre indicadores da poluição - DQO, N e P) e que não havendo contaminação por esgoto doméstico esta água pode receber menor tratamento (em 1/4 da água muito suja), pode-se inferir a influência da cana nestes custos nesta mesma proporção. Este seria um cenário ambientalmente sustentado.

O custo para esta situação, onde hipoteticamente toda a população teria direito à sua cota de água tratada, seria:

$$26,97 \text{ \$/ha de cana} \times 0,3 \times 0,25 = 2,02 \text{ \$/ha de cana.}$$

Outra consideração é que a autodepuração tem levado a que os níveis de eutrofização sejam desprezíveis nos reservatórios da região, com problemas apenas na turbidez da água. Considerando ainda que as fontes de abastecimento podem ser protegidas e que mesmo a captação do aquífero

¹¹ Média dos preços cobrados pela água tratada das classes industrial, comercial e residencial, sem o preço do esgoto, captada a água em fonte limpa .

Botucatu-Pirambóia ser feita com custos inferiores ao tratamento da água captada de cursos superficiais, pode-se inferir que a influência da agricultura de cana não seria responsável por poluição destes recursos.

3.2.2. Irrigação e fertirrigação

As médias de consumo obtidas, a tecnologia e os equipamentos usados pela companhia agrícola em estudo serão considerados como representativos também para os fornecedores. A irrigação é feita por aspersão com motobomba, a uma taxa de 1,5 horas/ha/ano, a um custo de US\$ 0,90/ha/ano em combustível e depreciação do equipamento.

Quanto ao consumo de água para irrigação será considerado que o ecossistema, abrangendo a captação, a água retida no solo, os aquíferos e a evapotranspiração, não sofre perda substancial de massa de água.

A totalidade da vinhaça da região é destinada à fertirrigação, sendo que um estudo de Cruz (1991) feito na região de Lençóis Paulista- SP, local de borda da área de recarga do aquífero Botucatu-Pirambóia, mostra que para as águas superficiais de classe 2 não foram alcançados os limites mínimos de nitratos, nitritos e amônio definidos em lei, tendo ocorrido porém para as águas subterrâneas eventos onde o teor de amônio ficou superior ao máximo durante o mês de julho. O autor supõe que a adubação química pode ter contribuído para tal índice, mesmo não ocorrendo chuvas nesse período.

3.2.3. Recarga de aquíferos

Quanto à recarga dos aquíferos em virtude da agricultura de cana, Paraguassu (1988) considera que

"o maior problema oriundo da cultura mecanizada é a grande redução na capacidade de infiltração das águas pluviais, com a formação de um substrato compacto e praticamente impermeável abaixo do horizonte arado, denominado pé de arado".

Entretanto não foram encontrados dados que valorem as alterações no volume e na qualidade destes aquíferos quando da inexistência dos cuidados no manejo do solo e devido às características da planta. Medeiros (1995) calcula que para florestas plantadas no cerrado a diminuição anual na "produção de água" na bacia pela interceptação das precipitações pelas folhas e pela produção de biomassa é de 300 mm ou 3.000 m³/ha. Como as condições das plantas e do ecossistema analisados (eucalipto, cerrado) não são aplicáveis a este estudo, não será aqui considerada esta perda de volume de água.

Vale notar ainda que a usina está localizada na borda da área de recarga do aquífero Botucatu-Pirambóia, e a cana produzida na região (a usina tem a distância econômica de compra da cana em 130 km) está em boa parte assentada sobre esta área de recarga (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, 1995).

Quanto à qualidade da água nos aquíferos, não foi encontrada comprovação de salinização dos aquíferos da região e de outra redução na sua qualidade.

3.2.4. Produção de eletricidade

Um estudo sobre o assoreamento de reservatório com características pedológicas, topográficas e de atividade de cultivo de cana na bacia próxima

àquela da região do estudo feito por Paraguassu (1988) diz que o assoreamento, mesmo acelerado, daquele reservatório não afetaria o volume útil necessário ao funcionamento da usina hidrelétrica. As espessuras dos sedimentos foram consideradas desprezíveis em 17 anos de existência do reservatório, e não foram feitas projeções naquele momento.

Outro estudo sobre a valoração da diminuição na disponibilidade hídrica para produção de eletricidade em virtude de atividade agrícola indica para florestas plantadas a redução no volume de água e conseqüente relação de Kwh não gerada de US\$ 60,00/ha/ano. Nesse mesmo trabalho o autor calcula o assoreamento de reservatório hipotético e conseqüente depreciação do capital investido na construção da usina hidrelétrica, para florestas plantadas, em US\$ 2,88/ha/ano (Medeiros, 1995). Esses estudos foram feitos na UnB e UNICAMP e poderiam servir para compor o cenário mais desastroso da falta de cuidados no manejo da cultura de cana.

A redução da massa de água não será considerada, ainda que possa haver redução dos fluxos de riachos em determinadas épocas do ano em virtude da irrigação. O carreamento de partículas e sedimentação de reservatórios é uma característica natural da região mas que denota fragilidade destes ecossistemas quanto a este aspecto. Um mal manejo do solo pode gerar carreamentos incrementais do solo na água maiores nesta região que em outras, tal como aquele do cerrado calculado por Medeiros (1995). Será tomado então aquele valor como referência para cenário.

4. OS SOLOS COMO BASE DO AGROECOSSISTEMA

O solo é parte do substrato que sustenta as plantas e compõe um sistema junto com biota, rochas e seixos, líquidos, gases e raízes de plantas superiores.

Os solos férteis possuem complexas estruturas ecológicas de microbiota, de materiais decompostos e de materiais em decomposição. Na parte orgânica do solo são encontrados principalmente nematóides, insetos, aracnídeos, minhocas, fungos e bactérias. Esta biota decompõe a matéria orgânica do solo, regula sua umidade, promove a aeração e a estrutura física sem compactação e participa ainda diretamente da assimilação pelas raízes de nutrientes (principalmente do nitrogênio).

O perfil de cada solo depende do seu processo pedogenético, sendo quatro os principais processos de formação:

- Adição de matéria orgânica, de ácido carbônico e nítrico, de poeiras e precipitações radiativas, de produtos erosionados, de materiais aluviais, de materiais eólicos, de depósitos glaciais, de materiais de atividades vulcânicas, de fertilizantes e de sais.
- Remoção de cátions (Ca, Mg, Na, K), de carbonatos, de bicarbonatos, cloretos, silicatos, nitratos, nitritos, de sílica e de particulados minerais e orgânicos.
- Translocação de sais, carbonatos, argilas, sesquióxidos e de matéria orgânica.
- Transformação de estruturas com formação de agregados e estabilização destes pela ação de raízes e de mudança de volume de argilas (secagem e umedecimento), modificação de solo por ação de organismos vivos (principalmente minhocas e térmitas) e fendilhamento e auto-inversão onde existe argila em mudanças de volume por ação climática (VIEIRA, 1975).

O perfil do solo pode ser dividido em quatro horizontes: A, B e C, além de uma fina e fértil camada superficial chamada de horizonte 0. Segundo Canter (1986) o solo contém uma variada microbiota com grande quantidade de bactérias que pode ir de centenas a 200 milhões de bactérias por grama de solo. Já se contou até 10^{10} microorganismos por grama de solo. A população de bactérias é responsável pela decomposição de matéria orgânica e ela mesma compõe massa orgânica (de 300 a 3.000 kg de bactérias por hectare). "Em volta das raízes do trigo da primavera a concentração de muitos tipos de microorganismos é duas a 20 vezes mais densa que no solo longe da raiz, e pelo menos dois tipos de bactérias são mil vezes mais numerosos" (Ehrlich, 1993).

A taxa média de formação de solo por processos físico-químicos naturais sem os fatores biológicos e *inputs* antrópicos é cerca de 2,6 ton/ha/ano, enquanto o remonte biológico pode atingir até 150 ton/ha/ano.

Os ecossistemas dos solos são sensíveis ao uso de defensivos e fertilizantes, quando a alteração da composição química e a introdução de substâncias restritivas à biota pode esterilizar em parte o ecossistema ou desequilibrá-lo. O desequilíbrio oriundo da agricultura necessariamente favorece o crescimento exagerado de determinada flora ou fauna que pode ser benéfico ou causar as infestações que podem dizimar cultivos ou gerar danos significativos.

O carreamento do solo fértil pelos processos erosivos não naturais leva junto os nutrientes e também a biota, sendo que o manejo do solo que acarreta as erosões também afeta sobremaneira esta biota. As principais causas destas perdas são: a retirada da cobertura vegetal por longos períodos em ocasiões sujeitas a chuvas e ventos fortes, o uso de encostas íngremes para cultivo, a falta de ordenamento correto da topografia de terrenos cultivados e

principalmente o revolvimento incorreto do solo e em épocas sujeitas a intempéries.

As erosões ocorrem em duas formas: a laminar, que retira a camada orgânica fértil e mesmo fertilizantes aplicados, e em forma de sulcos ou voçorocas, que geram canais de drenos e chegam às vezes até o lençol freático.

4.1. As práticas culturais e o manejo do solo

O uso de equipamento pesado nas roças compacta algumas regiões do solo, alterando o perfil e características desejáveis de porosidade para a agricultura. A necessidade de preservar as raízes das soqueiras de danos físicos dificulta a descompactação do solo até que o talhão venha a ser reformado e novas mudas plantadas. No preparo do solo são usados subsoladores, grades e arados, dependendo do tipo de solo e da umidade, da sua compactação e da técnica do proprietário da área.

As operações no solo para reforma do talhão servem também para erradicar soqueiras.

A modificação da estrutura do solo deixa exposta à intempérie uma camada superficial fértil, com intensa vida microbiana, solta, que facilita a erosão com carreamento de solo fértil e mesmo de fertilizantes aplicados em ocasiões de chuvas fortes. A desestruturação do solo permite a remoção de cátions e nutrientes, a translocação de argilas e material orgânico, transformando a estrutura numa mais compacta com a irrigação ou ocorrência de chuva.

As recomendações agronômicas atuais em relação ao solo é fazer a mínima desestruturação possível que permita limpar o terreno e descompactar o solo.

A ação do vento levanta partículas finas do solo, poluindo o ar e empobrecendo sua capacidade de agricultura.

A drenagem superficial carreando partículas, nutrientes e defensivos solubilizados não apenas retira insumos e nutrientes do solo mas leva à contaminação da água e ao assoreamento de rios e reservatórios.

4.2. Operações com o solo

4.2.1. Em terras onde não era cultivada cana

O solo a ser plantado pela primeira vez com cana deve ser limpo das plantas originais, destocado e enleirados os restos. Usam-se tratores de esteira com correntes e lâminas dentadas quando da existência de mato alto. Posteriormente o terreno é preparado com terraços, descompactado quando necessário, feitos escoadouros e sulcação.

4.2.2. Reforma de talhões para renovação de canavial

A definição do momento de reforma do talhão se dá basicamente em função da sua produtividade. Deve ser feita a destruição da soqueira antiga com grade e/ou arado, limpo o terreno de palha, tocos, pedras e obstáculos e preparado o terreno para o plantio.

A preparação do solo envolve a calagem, a subsolagem para descompactação e acerto do terraceamento onde necessário, a sulcação em nível e preparação dos escoadouros.

4.2.3. Conservação de solo em área cultivada com cana

Alguns sistemas de cultivo podem ajudar a dirimir problemas de erosão e compactação do solo superficial, deixando uma cobertura que retenha umidade, evite que as gotas da chuva atinjam diretamente o solo, dê condições à microbiota de ação sobre a matéria orgânica, controle a temperatura do solo, impeça a incidência de luz solar direta no solo e iniba ainda o desenvolvimento de ervas invasoras. A cobertura pode ser verde consorciada ou de ervas

nativas, ou ainda cobertura morta com o palhiço do corte sem queima e onde este não existir, com sobra de bagaço. A cobertura morta causa problemas para a subsolagem e para a aplicação de fertilizantes em profundidade.

A quebra da estrutura do solo é indesejável pelos motivos expostos anteriormente, mas onde ela for necessária, indica-se a subsolagem com discos a partir do segundo corte para eliminação do mato e incorporação de adubo. Os carregadores sofrem tráfegos intensos na safra, e devem ser construídos e mantidos com técnicas que minimizem a erosão e compactação. Na renovação dos talhões a área dos carregadores deve ser descompactada, sendo definida nova localização para os carregadores.

4.2.4. Capina e aplicação de herbicida

A primeira atitude deve ser o levantamento do tipo, localização e infestação das plantas invasoras. Quando o mato passa a competir com a cana pela água e nutrientes, torna-se necessária a intervenção para seu controle. A capina manual não traz nenhum problema de ordem ambiental, sendo que na capina mecânica com cultivador e aplicação de agrotóxicos o problema é a compactação do solo pela passagem do trator.

4.3. Efeitos da fertirrigação no solo

A prática da aplicação da vinhaça no solo como fertilizante é difundida na região, sendo que a usina agora vende a vinhaça concentrada aos plantadores. O que era problema há pouco tempo, agora é fonte de receita. Cruz (1991), ao analisar o efeito da aplicação de vinhaça com dosagem média de 300 m³/ha/ano durante 15 anos sobre solo de baixa fertilidade, chegou às seguintes conclusões sobre o que ocorreu no solo:

- aumento de teor de matéria orgânica na camada superficial, com pequena influência nas camadas inferiores;
- aumento do fósforo, potássio, cálcio e magnésio;
- aumento na capacidade de troca catiônica;
- aumento de nitratos, nitritos e amônio na solução do solo;
- pouca influência nas propriedades físicas do solo.

Casarini (1989) analisou a aplicação de vinhaça em solo distrófico com cultura de cana em dez anos, onde não havia sido aplicada anteriormente a vinhaça. A autora testou as dosagens de 150 e 600 m³/ha/ano e tirou as seguintes conclusões sobre as propriedades do solo:

- aumentou o teor de cátions Ca²⁺, Mg⁺, K⁺ e de nitrogênio total;
- com aplicação pesada houve lixiviação de potássio, indicando a aplicação de 50 m³/ha/ano como ótimo;
- o teor de carbono no solo não se alterou;
- houve um efeito estimulante sobre microorganismos totais.

4.4. Os custos da agricultura da cana para o solo

A posse privada da terra é um dogma do liberalismo econômico, que incentiva seu uso como se fosse um recurso inesgotável e renovável. Entretanto, vê-se em algumas situações a rápida depleção de solos, cujo uso como mero recurso mineral não sustenta agroecossistemas tão intensivos quanto o da cana, ou até mesmo para o uso como pastagens.

O solo erodido pertence principalmente à camada superficial mais fértil e foi revolvido recentemente, levando consigo uma parte do que continha de adubação (que eutrofiza os corpos d'água). A fertilidade deste solo superficial carregado depende das condições originais do terreno, mas pode ser estimado em média. Medeiros (1995) calculou a equivalência de fertilizantes industriais

ao solo perdido, para uma quantidade de 8 ton/ha/ano, em 0,42 kg de P, 20,64 kg de K e 59,98 kg de calcário.

Na região de Piracicaba-SP ocorrem locais onde a perda de solo pela agricultura de cana chega até cerca de 60 ton/ha/ano (Miklos, 1993).

Estudos do PLANALSUCAR (1981) indicam valores menores do deslocamento de terra por força da erosão para a região, que seria por ano de 12,4 ton/ha para a cana continuísmo (fornecedor + própria). Com melhor tecnologia esta quantidade cai para 10,0 ton/ha e para o fornecedor pode-se considerar o valor de 11,2 ton/ha.

Canter (1986) indica as perdas de solo nos EUA devido à agricultura em 19,76 ton por hectare em 20% da terra, de 7,41 a 19,76 ton por hectare em 50% da terra e menos de 7,43 ton em 30% restantes.

São consideradas neste trabalho as estimativas do PLANALSUCAR de perda de solo para o pior cenário em 12,4 ton/ha/ano e no melhor cenário em 10 ton/ha/ano. Esta perda tem equivalência de nutrientes na proporção estimada por Medeiros (1995) em:

12.400 kg de solo = 0,65 kg de fósforo - 31,99 kg de potássio - 92,97 kg de
calcário

10.000 kg de solo = 0,52 kg de fósforo - 25,80 kg de potássio - 74,97 kg
de calcário

5. O ESPAÇO E A PAISAGEM

5.1. O espaço entre a cana e a cidade

A área de entorno das plantações de cana, que não são outros canaviais, é muito importante em função de ser receptora das influências derivadas de operações e insumos da plantação. Os rios, o ar e mesmo o transporte indesejável de organismos fazem a disseminação de funções de força a outros ecossistemas. Esta influência modifica os espaços vizinhos, criando um outro espaço maior, que Ab'Saber conceitua como Espaço Total na seguinte forma :

"... é que inclui todo o mosaico dos componentes introduzidos pelo homem - ao longo da história - na paisagem de uma área considerada participante de um determinado território. O termo paisagem é usado aqui como suporte geocológico e bioecológico modificado por uma infinidade variável de obras e atividades humanas. O conceito de espaço total, aplicado a uma área de organização complexa (...), envolve os componentes dos agroecossistemas regionais, os ecossistemas urbanos da região em sua plenitude e os eventuais remanescentes, bem preservados ou muito perturbados, dos ecossistemas naturais" (Ab'Saber, 1995).

O espaço na região é caro, pela fertilidade do solo e pela localização próxima aos centros produtores de insumo e compradores dos produtos. Numa versão estritamente econômica, ocorre a busca da otimização do uso dos recursos em um mercado relativamente livre. Ao considerar os aspectos sociais e culturais, a otimização econômica se dá com a perda de espaço e mesmo de oportunidades de emprego dos recursos de forma democrática, pois as escalas

de produção não permitem a existência independente de pequenas propriedades produtoras da cana, por serem antieconômicas. As próprias características das plantações de cana não permitem a existência de colonos com sistemas produtivos diversificados, levando as populações a se alojarem nas cidades, somente trabalhando como empregados das empresas maiores. Esta ordem do espaço terraplana os morros e vales, canaliza os cursos de água, retira paus, pedras e árvores da paisagem e enche as cidades de ex-roceiros. A justeza e correção do ordenamento deste espaço é tarefa a se definir socialmente, e não a se deixar para ser conduzida pela ética e lógica da otimização do capital.

5.2. A paisagem e o lazer

A disponibilidade de recreação e turismo envolvendo águas e paisagens na região em estudo é restrita, havendo grande procura por belezas naturais e pelos poucos reservatórios de águas limpas. A recreação em rios e reservatórios limpos é de baixo custo para a população, além de ser fonte de recursos para atividades ligadas ao turismo. A simples observância da legislação ambiental garantiria a proteção às matas ciliares, às cuestas, e com poucos cuidados a mais que os mínimos legais se poderia obter paisagens e ecossistemas atrativos ao turismo e lazer para as populações locais e mesmo para o turismo regional. Por exemplo, em bacias hidrográficas próximas estão os municípios de Itirapina, Analândia e Brotas, que já têm neste turismo ambiental uma das importantes fontes de renda da população.

O cenário de "deserto verde" não é necessário para obtenção de alta produtividade, principalmente com a adoção das melhores tecnologias disponíveis.

Para imputar um custo de não-realização do lazer e turismo em virtude da qualidade deficitária da água e da paisagem, pode-se considerar a influência da agricultura sem os devidos cuidados ambientais como responsável pela busca de alternativa de lazer em lugares distantes ou com a relação custos/benefícios desfavorável ao morador local, que perde o usufruto da natureza.

Como a agricultura é o meio principal de geração de salários na região, o trabalhador perde meio ambiente mas ganha salários, ainda que a perda seja desnecessária. Do seu salário é retirada uma parte para lazer, implicando em deslocamento e pagamento pela diversão, que deixa de ser fornecida pelos recursos ambientais.

Os recursos ambientais que poderiam gerar lazer ficam em terras de propriedade particular, que obtém maiores retornos com o plantio da cana do que destinando a área para fins deste lazer, ou seja, o público não se dispõe a pagar os mesmos valores gerados pela cana. O próprio governo federal incentivou o fim das várzeas¹² para converter estes fantásticos ecossistemas em áreas de cultivo, apesar dos custos de operação de máquinas e drenagem serem altos. Os governos federal e estadual também fizeram vista grossa à retirada de cobertura vegetal original na região, que geram a paisagem do mar de cana (ou deserto de cana), reduzindo drasticamente a biota dos ecossistemas. Agora com os ecossistemas altamente alterados, suas conversões a unidades ambientais de lazer dependem da iniciativa empresarial ou de determinação pública.

A queima da cana é incompatível com a existência de áreas não plantadas com cana em redor do talhão, sendo que para se caminhar no rumo de agroecossistemas ambientalmente bem integrados a primeira providência é restringir esta queima. Vale lembrar que a existência de cordões com

¹² O programa PROVÁRZEAS de triste memória.

vegetação natural (ou com outros cultivos) em torno dos talhões ajuda a sanidade da cana e reduz custos com agrotóxicos.

Neste capítulo foram discutidos os aspectos relacionados ao meio ambiente da produção de cana-de-açúcar no que se refere aos danos causados por uso de insumos agrícolas e pelo trabalho de máquinas. Foram estimados os custos energéticos que estes danos impõem à coletividade, os quais servirão de base para montagem dos cenários onde estes custos aparecem como fatores de produção, ou que devem ser evitados por práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente e menos utilizadoras de recursos naturais escassos.

No capítulo seguinte são montadas as planilhas de custos financeiros e ambientais que aparecem como fatores de produção, com os insumos e trabalho cujos preços comerciais são conhecidos e com as estimativas de dispêndios energéticos desses fatores.

CAPÍTULO 5

AS PLANILHAS DE CUSTOS FINANCEIROS E DISPÊNDIOS DE ENERGIA COMERCIAL PARA AGROECOSSISTEMAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

No capítulo anterior foram estimados os custos e energia envolvida a que os ecossistemas e os recursos naturais são submetidos com a agricultura da cana-de-açúcar nas condições descritas no capítulo 2.

Neste capítulo são descritas as operações executadas na produção da cana, desde o preparo inicial do solo até o encaminhamento da cana cortada à usina. Cada operação tem sua descrição técnica de métodos usuais adotados na roça, dos equipamentos utilizados, do volume de trabalho dos equipamentos, da quantidade de insumos e outros dados de fatores de produção que participam das operações.

Estes dados foram obtidos de situações reais médias de produção e representam os principais custos e energias envolvidas na agricultura da cana.

Os custos financeiros são relacionados ao lado dos dados de energia obtidos de estimativas do capítulo anterior e servirão para compor os cenários das situações derivadas desta primeira avaliação.

As estimativas de custos e energia dos aspectos ambientais são também arroladas juntamente com os fatores de produção comerciais.

As principais etapas da produção são: formação do agroecossistema com o preparo do solo e plantio, tratos culturais e colheita da cana. Cada uma destas etapas é dividida em grupos de operações seguintes: mecanização, transportes, insumos e mão-de-obra.

1. A FORMAÇÃO DO AGROECOSSISTEMA DA CANA

✂ Os ecossistemas a serem manejados para a produção de cana devem receber cuidados preliminares quanto ao solo e cobertura vegetal, pois a planta cana ficará por longo período produzindo (em média cinco anos) sem que se possa revolver o solo profundamente para correção da fertilidade e descompactação.

Durante o período em que a planta produz, a fertilização é feita nas camadas mais superficiais do solo, mas há um consumo de elementos pela planta que faz com que sua produtividade caia, e conseqüentemente há necessidade de reposição da fertilidade. Ocorre também que a passagem de tratores e veículos nos carregadores para tratos culturais e colheita vai compactando o solo, fazendo com que suas características estruturais fiquem insatisfatórias e seja indicada sua descompactação.

Cada tipo de solo tem características próprias e demanda tratos de acordo com sua topografia, estrutura, fertilidade, pH, microbiologia e época do ano em que se dá a formação da cultura (em função do clima e regime hídrico). As conseqüências de um preparo inadequado pode ser a compactação do solo, a perda de sua capacidade de manter umidade e dispor os nutrientes às raízes, o desequilíbrio da biota e o aparecimento de pragas e doenças (Paranhos, 1987).

A questão da compactação do solo tem se tornado uma das principais preocupações dos produtores, pois implica em redução de produtividade e aumento de custos com operações mecanizadas. Antes de procurar meios mais

fáceis e baratos de descompactar o solo, tem-se buscado evitar o seu adensamento com algumas técnicas de cultivo e de utilização dos equipamentos mecânicos¹.

1.1. Preparo de novas áreas para o plantio

Quando novas áreas são transformadas e manejadas para produzir cana, são necessários alguns cuidados preliminares.

Primeiramente o terreno deve ser limpo das culturas anteriores, de tocos, pedras, árvores, cupins e quaisquer obstáculos aos equipamentos mecanizados. Lembramos que não estamos estudando roças de índios, mas sistemas de alta produtividade².

Para as operações de desmate e destoca são usados tratores de esteira em dupla, que tracionam correntes arrancando toda a cobertura verde, ou um trator com lâmina. Em geral são despendidas 6 a 15 horas de trabalho de trator por hectare para a função.

Para o enleiramento do material arrancado do solo são utilizadas lâminas dentadas desenraizadoras em tratores. O rendimento médio do trabalho é de 1,5 a 3 horas/ha.

Após a passagem dos tratores é feita catação manual do que sobrou e queima das leiras. Eventualmente as leiras ali ficam para compor as contenções do terreno com o fim de evitar erosões e carreamento do solo.

¹ Por exemplo: aumento do número de pneus e redução da pressão deles nas carretas de transporte da cana, evitar de passar o caminhão nas roças, diminuir o peso dos equipamentos, diminuir o número de passagens dos equipamentos para tratos culturais, buscar o fechamento mais precoce da planta antes do aparecimento das plantas invasoras.

² Produtividade aqui definida como relação produção/insumo, e como insumos estaremos analisando os custos financeiros e energia despendida. Nas roças de índios (e mesmo as caiçaras) o produto retirado do ecossistema é o que sobrou de um cultivo com pouca ajuda à planta objetivada.

1.2. Preparo de renovação dos canaviais

Quando a soqueira apresenta produção insatisfatória³, a planta é destruída e em seu lugar é plantada uma nova muda.

A erradicação da soqueira é feita por trator com grades pesadas, e posteriormente é realizada a limpeza do terreno, o enleiramento da resteva maior e incorporados os restos culturais de palhas.

1.3. Gradeações

A passagem de grades, mesmo após a erradicação das soqueiras, tem a finalidade de destruir as plantas remanescentes e de revolver o solo em maiores profundidades. São feitas duas gradeações pesadas e duas gradeações leves para destorroar e nivelar os terrenos.

1.4. Subsolagem

A subsolagem quebra a estrutura compactada da camada inferior àquela atingida pelo arado (30 a 50 cm) chamada de soleira de arado⁴, que vai sendo adensada também pelos tratos culturais e pela passagem dos equipamentos de colheita. A operação é feita por três hastes subsoladoras tracionadas por trator de esteira.

1.5. Calagem

Ao se revolver o solo, procura-se utilizar a operação para a aplicação do calcário, que deve ser incorporado o mais homoganeamente possível no solo. O calcário é distribuído por caminhão com carroceria especial para tal, de preferência com aplicação anterior à erradicação das soqueiras, para melhor

³ A determinação de quando substituir a planta é feita em função de relações econômicas entre a produção esperada para a próxima safra, os custos de renovação do canavial e a produção esperada do canavial renovado.

⁴ Também chamada de pé de arado.

aproveitamento das operações de revolvimento do solo para a incorporação. O calcário não causa problemas ambientais se carregado pelas águas de chuvas ou levado pelo vento, a não ser a perda do material.

1.6. Operações de terraceamentos, conservação do solo e preparo para o plantio

Na formação e reforma de talhões devem ser realizadas operações de controle de erosões (laminares e de sulcos) com tratores de esteiras ou motoniveladoras. São reformadas as curvas de nível, refeitos os terraços e confeccionados esgotos, pois o nivelamento e desobstrução das áreas facilitam as operações de tratos culturais, a irrigação e colheitas, reduzindo sobremaneira os custos. Estas operações também melhoram o manejo ambiental pela redução da perda de solo e melhoria das condições dos cursos de água, que sofrem menos com o carreamento de solo e insumos poluentes.

São abertos carregadores através de motoniveladoras, por onde passarão os equipamentos e que servem para dividir os talhões e evitar propagação do fogo. O uso muito intenso dos carregadores causa problemas de compactação, e mesmo o fato da terra estar sem cobertura já é uma razão desta compactação. Estas áreas deixam de produzir cana e também não servem a propósitos de sanidade ambiental, antes resultando em maiores custos para subsolagem e gradagens nas reformas do talhão.

A última operação mecanizada desta fase é a construção, por trator de esteira, de canais para irrigação.

1.7. Preparo de mudas e plantio

A primeira tarefa é selecionar a variedade mais adequada, considerando as variáveis: tipo de solo, localização topográfica, tipo de corte programado,

resistência a pragas e doenças de infestação regional, e época de maturação desejada.

As canas de ano e meio são plantadas de janeiro a março, no final da época das chuvas, aproveitando-se este período quente para a brotação mais rápida e desenvolvimento das partes aéreas e das raízes. Nos meses mais frios a cana passa em repouso, quando ocorrem menos ataques de doenças, pragas e concorrência de invasoras, para entrar em desenvolvimento intenso no verão seguinte, com o amadurecimento e colheita feitos no inverno seco.

As canas de ano são plantadas no final do outono, logo após o último corte da planta erradicada. Aproveitam-se melhor as operações de reforma dos talhões, do adubo residual, e a terra não fica nua durante o verão, época de chuvas intensas e de propagação de invasoras. O corte desta cana vai ocorrer mais próximo ao final das operações anuais de moagem das usinas, já na entrada do verão, época de melhor brotação das soqueiras.

A propagação da cana se dá pelo plantio de toletes tratados e selecionados, ou pelo plantio da cana picada no sulco. Eles são lançados de caminhão, posicionados e picados manualmente quando da cana inteira. O tratamento do tolete é feito com esterilização a quente e limpeza química, para se garantir que não levarão para a roça os vetores de doenças e pragas. Além disto o tolete passa por aplicação de agrotóxico que o defenderá até a brotação e formação de raízes. Os ganhos de produtividade da sanidade das plantas pode chegar a 30% em relação às mudas sem tratamento.

Quando a cana é picada no sulco, os facões têm que passar por desinfecção com creolina, formol ou heptacloro e a cana ser despalhada cuidadosamente para não ferir as gemas. A cana deve estar arranjada na carreta para facilitar a distribuição.

Ao realizar a sulcação, aproveita-se a operação para também adubar o solo. Primeiramente é feita a marcação do sulco com trator e em seguida a sulcação com trator tracionando o sulcador adubador. Para o fechamento do sulco é usado o implemento cobridor, tracionado por trator, e feito um repasse manual com enxada para corrigir a cobertura da máquina e fazer as cabeceiras. Esta operação é delicada e determinante para a boa formação da planta.

São realizadas ainda nesta fase a limpeza manual dos carregadores e uma adubação de cobertura.

1.8. Tratos culturais da formação do canavial

O solo adubado e arado, sem plantas de cobertura, é ideal para disseminação de plantas invasoras⁵, que nascem e crescem vigorosamente nos primeiros meses após o plantio da cana, até que esta feche e sombreie o terreno.

Para o controle eficaz das invasoras é preciso primeiramente conhecer a composição destas plantas, sua distribuição e grau de infestação. Aquelas de maior competitividade devem ser combatidas com maior urgência e eficácia, e as mais frágeis eventualmente podem esperar que a cana as controle pelo sombreamento. O acompanhamento das infestações é a melhor maneira de controlar e exterminar os focos de invasoras de forma precoce.

Quando constatada a infestação por invasoras, podem ser realizados três métodos de erradicação: a capina manual, a capina mecanizada e a aplicação de herbicida. Os três são realizados alternativamente ou combinados, de acordo com o resultado da análise das populações, graus de infestação e tamanho das plantas. A carpa manual é cara e eficaz, pois o trabalhador retira

⁵ Este termo é usado aqui para caracterizar quaisquer outras plantas que não a cana-de-açúcar e que em geral nascem oriundas de sementes remanescentes, carregadas pelo vento ou trazidas nos equipamentos e roupas dos trabalhadores.

as plantas uma a uma com a enxada, e é mais usada como complementaridade da carpa mecânica em locais próximos à cana planta e onde o cultivador não teve bom resultado. O cultivador mecânico é tracionado por trator e simultaneamente aplica adubação. O herbicida deve ser específico para aquelas plantas invasoras identificadas, sendo aplicado por pulverizador acoplado a trator.

As formigas formam uma praga que necessita de constante controle em quase todos os canaviais do país, sendo que na etapa de formação o revolvimento do solo destrói em parte as panelas e a estrutura das colônias, mas devem ser aplicados formicidas onde as formigas estão reinfestando.

1.9. Planilha dos custos e da energia para formação de canaviais. Dados por hectare

Tabela 5.1. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare.

Mecanização. Dados de energia em Mcal.

Operação	Equipamento	Rendimento	Custo US\$	Energia equip.	Energia comb.
		total	177,99	295,97	954,51
Preparo do solo		subtotal	124,64	207,53	600,34
enleira de restevas	trator+ancinho rot.	0,8 h.	5,00	8,29	43,32
carreg. de calcário	escavo carregador	0,01 h.	0,26	0,43	0,54
grad. pesadas	trator+grade 20X36	1,26 h.	34,43	57,08	170,57
subsolagem	trator+hastes subs.	1,25 h.	34,43	57,08	170,57
grad. leves	trator+grade 40X28	1,0 h.	27,55	45,68	135,37
terraceamento	motoniveladora	1,25 h.	22,97	38,97	79,97
Plantio	trator +	subtotal	32,44	53,78	191,96
sulcação e adub.	sulcador adubador	1,25 h.	18,11	30,03	73,33
fechamento - sulco	cobridor	1,00 h.	6,25	10,36	58,66
carreg. de mudas	carregadeira	0,75 h.	6,02	9,98	40,61
marcação de sulco	marcador	0,33 h.	2,06	3,41	19,36
Tratos culturais		subtotal	20,91	34,66	162,21
abert. carregadores	motoniveladora	0,3 h.	5,51	9,13	16,24
aplic. herbicidas	trator+pulverizador	1,0 h.	6,25	10,36	58,66
cultivo mecânico	trator+cult.+adub.	1,25 h.	7,81	12,95	73,33
canal de irrig.	trator	0,1 h.	0,44	0,73	5,86
irrigação	motobomba	0,3 h.	0,90	1,49	8,12

Tabela 5.2. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare.

Transporte (incluída a mão-de-obra do motorista). Dados de energia em Mcal.

Operação	Equipamento	Rendi- mento	Custo US\$	Energia equip.	Energia comb.
		total	33,08	54,78	186,68
Preparo do solo	caminhão +	subtotal	4,74	7,85	35,21
e aplic. de calcário	carroceria distribuidora	6,25 Km	2,18	3,61	18,80
peçoal		2,50 Km	0,87	1,44	6,45
trator de esteira + grade de discos	carreta especial	1,08 Km	0,82	1,36	3,51
abast. de máquinas	tanque	2,50 Km	0,87	1,44	6,45
Plantio		subtotal	27,38	45,39	143,44
adubo e inseticida		1,67 Km	0,58	0,96	4,31
trator de esteira	carreta especial	0,50 Km	0,38	0,63	1,50
peçoal para plantio	ônibus	10 Km	4,27	7,08	22,56
distribuição - mudas		42 Km	21,20	35,15	108,30
água - heptacloro		1,0 Km	0,35	0,58	2,26
equipe - topógrafos		2 Km	0,60	0,99	4,51
Tratos culturais		subtotal	0,93	1,54	8,03
abastec. - herbicidas	tanque	1,67 Km	0,58	0,96	5,02
adubo de cobertura		1,0 Km	0,35	0,58	3,01

Tabela 5.3. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare. Insumos.

Operação	Formulação	Rendimento	Custo US\$	Energia Mcal
total			409,60	2162,96
Preparo do solo		subtotal	16,53	132,82
calcário		1 ton	16,53	132,822
Plantio		subtotal	338,96	1400,45
adubo	00-20-10	0,5 ton	104,81	344,00
heptacloro 40%	(Aldrin 5%)	1,5 litros		111,45
mudas		11 ton	160,52	
adubo de cobertura	18-00-36	0,25 ton	73,63	945,00
Tratos culturais		subtotal	54,03	629,69
Karmex 500		5 litros	36,80	371,50
herbicida	2,4 D	3 litros	17,02	251,79
formicida		0,3 Kg	0,21	6,40

Tabela 5.4. Custos e energia para formação de canaviais, por hectare. Mão-de-obra.

Operação	Rendimento	Custo US\$	Energia Mcal
	total	160,85	270,91
Preparo do solo	subtotal	5,77	9,72
queima de restos culturais	0,02 diárias	0,1	0,17
coleta de solo para análise	0,01 diárias	0,06	0,10
combate às formigas	0,05 diárias	0,32	0,54
levantamentos topográficos e demarcações	0,25 diárias	5,29	8,91
Plantio	subtotal	122,28	205,98
corte de mudas	3,67 diárias	35,05	59,01
abastecimento de máquinas, adubo e inseticidas	0,27 diárias	1,75	2,95
distribuição de mudas nos sulcos	1,20 diárias	13,24	22,31
picação das mudas e acomodação	5,20 diárias	47,27	79,65
recobrimento e cabeceiras	1,70 diárias	15,45	26,03
limpeza de carregadores	1,00 diárias	6,49	10,93
fiscal de plantio	0,10 diárias	2,02	3,40
fiscal de mudas	0,05 diárias	1,01	1,70
Tratos culturais	subtotal	32,77	55,21
combate à formiga	0,5 diária	3,25	5,47
carpa manual	3,5 diárias	27,27	45,95
confeção de esgoto	0,16 diárias	1,04	1,75
fiscal de carpa/esgoto	0,06 diárias	1,21	2,04

Tabela 5.5. Custos financeiros médios para formação de canaviais.

US\$	preparo do solo	plantio	tratos culturais	subtotais
mecanização	124,64	32,44	20,90	177,99
transporte	4,75	27,40	0,93	33,08
insumos	16,63	338,95	54,02	409,60
mão-de-obra	5,79	122,29	32,77	160,85
subtotais	151,81	521,08	108,62	total = 781,51

Tabela 5.6. Custos energéticos médios para formação de canaviais - Energia direta.

Mcal	preparo do solo	plantio	tratos culturais	subtotais
mecanização	807,87	245,74	196,87	1.250,48
transporte	43,06	188,83	9,57	241,46
insumos	132,82	1.400,45	629,69	2.162,96
mão-de-obra	9,72	205,98	55,21	270,91
subtotais	993,47	2.041,00	891,34	3.925,81

A fase mais intensa em energia é o plantio, principalmente em função da adubação, que corresponde a mais da metade das entradas energéticas nesta fase. A mecanização e transporte consomem mais energia em combustíveis

(76% destes fatores e 29% do total), sendo que os insumos industrializados, adubos e agrotóxicos correspondem a 55% da energia total.

A preparação do solo vem recebendo atenção de pesquisas para redução de custos e também de melhoria da qualidade do solo a médio prazo, como visto no capítulo 4, podendo estar nesta atividade uma chance de melhorar a performance energética do agroecossistema.

Quando da renovação dos canaviais, o solo que passou por intensa retirada de minerais nutrientes nos últimos anos (principalmente nas regiões do solo mais próximas às raízes) necessita reposição em forma de adubação. As adubações verdes com incorporação de massa de leguminosas podem ser uma forma de economia de nitrogenados.

Quanto aos defensivos e agrotóxicos, a estruturação de um monocultivo demanda controle das funções de força dos invasores (terminologia agrônômica) de forma eficaz. É um momento delicado, quando devem ser evitadas as infestações preventivamente, com menor aplicação de químicos.

As mudas (11 ton) são tratadas no laboratório de fitopatologias e de mudas, onde recebem tratamento térmico e químico quando em cultivos da empresa. Os fornecedores plantam picando os toletes em campo. Como se pretende representar condições médias, a quantidade de cana para mudas será apenas subtraída da produção final.

As médias de produtividade da empresa estão em torno de 94,6 ton/ha e dos fornecedores em 91 ton/ha. Considerando estes percentuais de produtividade e suas participações no total cultivado e diminuindo a quantidade da cana a ser plantada (2,2 ton/ha por ano) do total colhido, adotei o valor de 91 ton/ha como representativo desta situação.

2. TRATOS CULTURAIS EM SOQUEIRAS

Após o primeiro corte da cana, a planta permanece no solo para nos próximos anos continuar produzindo, até que sua produtividade caia e ela seja substituída por nova planta. As razões da queda de produtividade estão principalmente no solo, pela compactação em virtude dos próprios tratos culturais e colheitas e pela depleção de nutrientes próximos às raízes das plantas.

Algumas plantas chegam a ter boa produtividade por até 12 anos, quando estão em condições ótimas de solo e de tratos culturais e quando recebem a fertirrigação correta⁶.

Após o primeiro corte, as condições de fertilidade e adensamento do solo em geral são boas, não havendo necessidade de descompactação, sendo que as doses de fertilizantes podem ser menores que as subseqüentes.

Do segundo corte em diante (e mesmo após o primeiro em alguns casos) é feita uma escarificação e adubação, em profundidades menores nos períodos de chuvas e no final da safra, para evitar perdas de solo, de fertilizantes e da qualidade ambiental. Esta operação serve também como controle das plantas daninhas.

O enleiramento da palha é feito com trator tracionando ancinho rotativo e são aplicados herbicidas de acordo com infestação, por meio de pulverizados de barra.

São feitos ainda serviços de manutenção de carregadores e de canais para irrigação, bem como a conservação de esgotos e demais obras de proteção ambiental, arranquio do capim colômbio, carpa manual de repasse e das cabeceiras, a queima da palha e o combate às formigas.

⁶ A fertirrigação em determinadas épocas pode acarretar excessivo desenvolvimento vegetativo em detrimento da maturação da cana.

Os custos e energia despendidos nos tratos culturais entre os cortes não diferem muito, podendo ser considerados em média, sem perda da qualidade da análise.

2.1. Planilhas dos custos e da energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare

Tabela 5.7. Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare. Mecanização. Dados de energia em Mcal.

Operação	Equipamento / formulação	Rendimento	Custo US\$	Energia equip.	Energia comb.
	Trator +	total	32,59	54,90	221,10
enleiramento/palha	ancinho rotat.	0,80 h.	5,00	8,42	46,93
adubação/escarificação	escarificador / adubador	1,00 h.	14,49	24,41	90,25
aplic. herbicida + trato cultural	cultivador + pulverizador	1,00 h.	6,25	10,53	54,15
conservação de carregadores	motonivelado ra	0,30 h.	5,51	9,28	16,24
construção - canal para irrigação	implementos	0,10 h.	0,44	0,74	5,41
irrigação-aspersão	motobomba	0,30 h.	0,90	1,52	8,12
Transportes		subtotal	0,54	0,91	4,66
transporte - adubo	caminhão	0,62 Km	0,22	0,37	1,86
abastecimento de herbicidas	caminhão	0,93 Km	0,32	0,54	2,80

Tabela 5.8. Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare.

Insumos.

Operação	Formulação ou produto	Rendimento	Custo US\$	Energia Mcal
total			187,99	2.412,94
adubo	18-00-36	0,50 ton	147,25	1.890,00
herbicida	Karmex 500	3,20 litros	23,55	265,89
herbicida	2,4 D	3,0 litros	17,02	251,70
formicida	Atamex	0,25 kg	0,17	5,35

Tabela 5.9. Custos e energia para tratos culturais de soqueiras, por hectare.

Mão-de-obra.

Operação	Rendimento diárias	Custo US\$	Energia Mcal
total		34,18	57,69
queima de palhas	0,02	0,13	0,29
reforma e confecção de esgoto	0,03	0,19	0,32
combate às formigas	0,04	0,26	0,44
carpa manual	2,50	19,48	32,82
carpa cabeceira dos talhões	0,65	5,06	8,53
fiscal de carpa e rodeamento	0,08	1,61	2,71
arranque de colônião	1,15	7,47	12,58

Tabela 5.10. Custos resumidos de tratos culturais.

	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	Total
US\$	32,59	0,54	187,07	34,18	254,38
Mcal	276,00	4,66	2412,94	57,69	2751,29

Nestas fases os insumos químicos são a quase totalidade dos dispêndios energéticos (cerca de 88%) totais dos tratos culturais. O nitrogênio é o grande fornecedor de energia para as plantas. Apesar de ser o elemento mais abundante do ar, não existe ainda a biofixação de nitrogênio para as raízes como existe para as leguminosas.

As pesquisas neste campo podem gerar um enorme potencial de redução de dispêndios energéticos para a produção da cana, principalmente por causa dos fertilizantes nitrogenados que demandam a obtenção de hidrogênio em sua produção, o qual é obtido de hidrocarbonetos fósseis.

3. COLHEITA

A colheita da cana é um dos momentos mais sensíveis da produção, tanto em termos dos custos financeiros quanto dos impactos ambientais no solo, biota e ar. A colheita é determinante também para a qualidade da cana que vai para a usina, para a sanidade fitológica da soqueira e para sua boa produtividade nos períodos seguintes.

Somente a colheita e o transporte da cana correspondem a uma parcela dos custos totais (insumos comerciais e trabalho) em torno de 30 a 40%.

A determinação do momento do corte do talhão é feito pelo agrônomo considerando principalmente a maturação da cana, seu teor de sacarose e o interesse da usina. Se a cana demora demais para o corte, acontece o consumo da sacarose pela planta para florecimento, sendo que algumas variedades conseguem permanecer por períodos mais extensos que outras em níveis bons de sacarose, podendo esperar no campo o corte em momento mais oportuno. A fertilirrigação continuada por períodos em que se deveria dar a maturação faz com que haja um excessivo desenvolvimento vegetativo em detrimento da formação da sacarose.

Para que a maturação ocorra na ocasião da demanda da usina, são usados maturadores que paralisam o desenvolvimento vegetativo e levam a cana a formar a sacarose. Também é interrompida a irrigação e fertilirrigação como forma de controlar a maturação.

Estando decidido o corte do talhão, a decisão agora é a forma do corte. A cana pode ser cortada manualmente ou por máquinas, e ser queimada anteriormente ou cortada crua.

Para o corte mecânico devem ser previstos manejos do solo na formação do talhão tais como o nivelamento (máximo de 18% de declividade), tampados os buracos, homogeneizada a profundidade do sulco e definidas medidas (mínimas de 1.000 metros) de comprimento das laterais do talhão. O terreno deve passar por limpezas de pedras, tocos, cupins, formigueiros e objetos estranhos que possam danificar equipamentos. As variedades mais apropriadas ao corte mecanizado são aquelas de porte mais ereto e de menor tombamento, com plantio em espaçamentos menores.

Os equipamentos podem ser do tipo que somente cortam, ou que cortam e picam a cana, sendo o último acompanhado por vagonetes ou caminhões que recebem a cana picada. Acompanha as máquinas de corte uma infra-estrutura

de apoio composta por caminhões de abastecimento, sistema de transporte e transbordo, caminhão-oficina, motocicletas para transporte rápido de peças, operadores e mecânicos especializados.

A colheita mecanizada na região é em média de 20% a 30% do total, sendo que há usinas que ultrapassam 60% e um caso em Matão com 90% (Scopinho, 1995).

A Cia. em estudo importou inicialmente cinco máquinas de corte de cana crua, tanto para o trabalho como para que empresa associada fabricante de equipamentos dominasse a tecnologia, e hoje nacionalizadas custam cerca de R\$ 300.000,00. Elas cortam, picam e lançam a cana para recipiente que trafega ao lado. O sistema de transbordo para cana picada, usado por esta companhia, foi desenvolvido por empresa associada e transfere por esteira rolante a cana de vagonetes para carretas de caminhões de grande porte, mais adequados a rodovias que ao trânsito na roça.

Os equipamentos de carregamento são adaptados a tratores e primeiramente amontoam e juntam a cana, levantando o monte e despejando nas carrocerias a seguir.

3.1. Colheita manual da cana crua

O corte manual da cana crua é um trabalho insalubre, de alta periculosidade, de baixo rendimento e somente justificado embaixo de linhas da alta tensão e em locais que a máquina de corte não atinge ou onde tem dificuldades de manobra e operação. O serviço é pesado pois a palha atrapalha o podão, a cana tem que ser despontada e despalhada e o rendimento é de cerca de 1/3 do mesmo realizado com cana queimada. A periculosidade acontece pela presença de animais e insetos peçonhentos e pelo fato do trabalhador ter menor controle do podão, aumentando os acidentes por cortes.

O carregamento é feito por equipamento mecânico e o rendimento é de 4 ton/dia/homem.

3.2. Colheita mecânica da cana crua

O corte mecânico da cana crua é o provável paradigma de manejo sustentado do agroecossistema da cana. Apesar do alarde de que a produção de cana emprega muita gente, o emprego se dá mais intensamente para o corte, em regime sazonal, insalubre, mal remunerado⁷, e exercido por trabalhadores que não gostam do trabalho e não desejam para os filhos o mesmo destino.

✶A colheita mecânica da cana crua oferece ainda benefícios à qualidade da cana cortada, que por não sofrer calor intenso não exuda sacarose. Esta, quando sai pela casca, é perdida na lavação e gruda solo nos toletes. A principal razão da lavação é retirar o solo dos toletes que prejudica as moendas e a qualidade do caldo. Estando o tolete limpo, não há necessidade da lavação, com menos custos operacionais e menos pressão ambiental por água limpa e por destinação à lama⁸.

✶O aproveitamento do solo é maior neste tipo de colheita pela eliminação de carregadores entre talhões, terreno que não sofre compactação e erosão e está produzindo.

✶A palha da cana ao permanecer no local melhora as condições ambientais, pois mantém e compõe massa úmida orgânica do solo, fertilizando e favorecendo condições de desenvolvimento da microbiota, reduzindo a compactação e erosão do solo oriundos de intemperismo, e com a palha cobrindo o solo há uma menor brotação e desenvolvimento de invasoras. Estes

⁷ Por ser trabalho que não exige qualquer qualificação exceto a força muscular, não poderia ser de outra forma.

⁸ A lama da lavação vai para reservatórios onde a água vai lentamente evaporando e infiltrando-se no solo, sendo o barro (siltes e argilas) retirado por tratores e depositado em local de despejo, e o reservatório fica apto a receber mais lama.

benefícios ambientais têm correspondentes reduções de custos financeiros a curto e médio prazo. O custo que aumenta é o da incorporação da massa verde.

A potência dos motores é de cerca de 300 HP, com produções de até 40 toneladas por hora, podendo reduzir custos, segundo o fabricante, em até 30%. Resolvidas as restrições de preparação do terreno, a máquina colheitadeira pode trabalhar 24 horas por dia e mesmo sob chuva leve.

3.3. Colheita mecânica da cana queimada

O corte mecânico da cana queimada é rápido, gera boa qualidade da cana cortada e pode ser mais barato que o corte manual. A queima da cana gera problemas ambientais que serão discutidos a seguir.

As máquinas de corte e amontoamento têm rendimento em torno de 25 toneladas por hora.

3.4. Colheita manual da cana queimada

O corte manual da cana queimada é um trabalho insalubre e perigoso aos trabalhadores, problemático ao ambiente e ruim à qualidade da cana cortada.

Na queima do canavial os trabalhadores são submetidos a trabalho estressante e pesado pois têm que correr e eventualmente lidar com altas temperaturas, usualmente sem equipamentos adequados de proteção. Quanto à periculosidade, quando ocorrem quedas e eventos tais como focos de incêndios indesejados, o trabalhador pode ter contato direto com o fogo e sofrer graves queimaduras.

A operação de queima do canavial é precedida de cuidados para segurança dos talhões anexos (pode acontecer que o vento leve fogo a talhões mais distantes) com limpeza dos carregadores e prontidão de trabalhadores especializados em controle de queimadas. A turma do fogo é composta por

homens que correm com tochas e ateiam o fogo e por ajudantes que vão fazendo os feixes com folhas secas.

A qualidade da cana é pior em virtude do contato com solo da cana com caldo exudado, e também em relação ao tempo menor que a cana suporta até o processamento, que fica em torno de 24 a 36 horas, ocorrendo daí a inversão da sacarose. Os cronogramas de queima, corte, transporte, estocagem e processamento não podem sofrer atrasos, o que é difícil neste ramo envolvendo tantas variáveis de tão pouco controle.

Quanto à qualidade do corte e desponte, a maior porcentagem da sacarose encontra-se próxima ao pé da planta, devendo o corte ser o mais rente possível ao solo sem danificar a planta.* O desponte é também importante para a industrialização pois representa massa não aproveitável sendo processada e que piora a qualidade do caldo e da torta. Os trabalhadores do corte de cana não são especialistas, não gostam da função e consideram que ganham mal, sendo difícil então esperar qualidade deste corte.

A média de produção de corte por trabalhador na região é de 7 toneladas por jornada de 8 horas diárias, podendo chegar em condições ótimas para o melhor cortador a 19,2 toneladas por dia. A média da empresa é de 9 toneladas por dia (Scopinho, 1995). Os procedimentos para o corte são: corte na base da cana, corte dos ponteiros, lançamento da cana e enfeixamento para carregamento. Quando a cana é crua existe a despalha dos colmos em primeiro lugar.

3.5. Planilha dos custos e da energia para colheita manual - cana queimada

Tabela 5.11. Custos e energia despendidos na colheita manual - cana queimada. Mecanização. Mcal /ha.

Operação	Equipamento	Rendimento	Custo US\$	Energia a equip.	Energia comb.
Mecanização		total	49,41	81,91	369,84
aceiro	trator	0,02 h.	0,16	0,26	1,44
carregamento	trator+carreg.	5 h.	47,57	78,87	361,00
reparo - estradas e carreadores	motonivela- dora	0,07 h.	0,96	1,59	3,79
tração - caminhões	trator	0,05 h.	0,72	1,19	3,61
Transporte		total	216,42	359,82	560,80
amostras de cana	caminhão	0,28 Km	0,10	0,17	0,72
peçoal - queima	camioneta	0,47 Km	0,10	0,17	1,06
bombeiros/queima	caminhão	0,47 Km	0,16	0,26	1,41
peçoal de corte	ônibus	6,67 Km	2,85	4,72	15,05
cana até usina	caminhão	91 ton	212,94	354,05	541,50
de carregadeiras	caminhão	0,35 Km	0,27	0,45	1,06

Tabela 5.12. Custos e energia despendidos na colheita manual - cana queimada.

Mão-de-obra.

Operação	Rendimento	Custo - US\$	Energia - Mcal
	total	220,85	366,16
coleta de cana para análise	0,01 diária	0,06	0,10
queima da cana	0,05 diária	0,32	0,53
corte da cana	91 ton	190,11	315,20
entregador de cana	0,05 diária	0,80	1,33
catação de cana	124,8 ton	19,28	31,96
fiscal de corte de cana	0,5 diária	10,28	17,04

Os custos médios por tonelada de cana em US\$ para estas condições e considerando uma produção média por hectare de 91 toneladas foram:

Tabela 5.13. Custos médios financeiros por tonelada de cana, colheita manual de cana queimada. (1991/92).

	US\$/ton	US\$/ha
corte manual	1,8539	168,70
queima	0,0072	0,65
carregamento	0,5169	47,04
tração	0,2838	25,82
catação	0,1624	14,78
entregadores	0,0755	6,87
aparadores	0,0209	1,90
administradores roça	0,0774	7,04
veículos de apoio	0,0141	1,28
transporte até usina	2,3407	213,00
total =	5,3528	487,08

Considerando o preço oficial da cana em US\$ 8,7729 a colheita manual da cana queimada corresponde a 61,02% deste preço no período 91/92.

As planilhas com os custos mais baixos obtidos pela empresa foram de US\$ 4,25 e variaram até US\$ 5,64 por tonelada.

Tabela 5.14. Custos resumidos por hectare - Colheita manual de cana queimada.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	49,41	260,59	220,85	530,85
Mcal	451,75	920,62	366,16	1.738,53

3.6. Planilha dos custos e da energia para a colheita mecânica - cana queimada

Tabela 5.15. Custos e energia despendidos na colheita mecânica - cana queimada. Mecanização. Dados de energia em Mcal. Por hectare.

Operação	Equipamento	Rendimento	Custo US\$	Energia equip.	Energia comb.
Mecanização		total	97,95	162,39	400,34
aceiro	trator	0,02 h	0,16	0,26	1,44
corte e carreg.	colheitadeira	91 ton	96,83	160,54	394,21
conservação de carreadores	motoniveladora	0,02 h	0,32	0,53	1,08
tração de caminhões	trator	0,05 h	0,72	1,19	3,61
Transporte		total	257,31	426,62	543,4
de amostras de cana	caminhão	0,28 Km	0,10	0,17	0,84
de pessoal - queima	camioneta	0,47 Km	0,10	0,17	1,06
de cana p/ usina	caminhão	91 ton	257,11	426,28	541,50

Tabela 5.16. Custos e energia na colheita mecânica, cana queimada. Mão-de-obra. Por hectare.

Operação	Rendimento	Custos - US\$	Energia - Mcal
total		14,77	24,48
coleta de cana para análise	0,01 diária	0,06	0,10
queima da cana	0,05 diária	0,32	0,53
entregador de cana	0,05 diária	0,80	1,32
catação de cana		13,59	22,53

Tabela 5.17. Custos médios por tonelada de cana, colheita mecânica queimada. (1991/92).

	US\$/ton	US\$/ha
queima	0,0072	0.65
tração	0,0864	7.86
entregadores	0,0396	3.6
reforma colheitadeira	0,2546	23.17
combustíveis e lubrificantes	0,4347	39.55
depreciação e remuneração de capital	0,1381	12.57
peças de reposição	0,4388	39.93
mão-de-obra / oficina de apoio	0,0055	0.50
mão-de-obra / operadores	0,8376	76.22
veículos de apoio	0,0121	1.10
transporte até plataforma	0,2214	20.18
motoristas	0,1262	11.48
guinchos	0,0050	0.45
mão-de-obra rurícola	0,1631	14.84
motor apoio	0,0380	3.46
transporte até usina	2,8324	257.53
total =	5,6407	512.64

Considerando o preço oficial da cana em US\$ 8,7729 a colheita mecânica da cana queimada de fornecedores corresponde a 64,3% deste preço, no período 1991/92.

As planilhas com os custos mais baixos obtidos pela empresa foram de US\$ 3,48 e variaram até US\$ 5,64 por tonelada.

Tabela 5.18. Custos resumidos por hectare - Colheita mecânica queimada.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	97,95	257,31	14,77	370,03
Mcal	562,73	970,02	24,48	1.557,23

3.7. Planilha dos custos e da energia para a colheita mecanizada de cana crua

Os custos médios por tonelada de cana em US\$ considerando uma produção média por hectare de 91 toneladas e por hectare foram:

Tabela 5.19. Custos médios por tonelada de cana e por hectare para a colheita mecanizada de cana crua (1991/92).

	US\$/ton	US\$/ha
tração	0,3391	30,86
entregadores	0,0396	3,6
combustíveis	0,1930	17,56
depreciação e remuneração de capital	0,9696	88,23
peças de reposição	0,0081	0,74
mão-de-obra / oficina de apoio	0,0012	0,11
operadores	0,5692	51,80
veículos de apoio	0,0958	8,72
transporte até usina	3,2573	296,41
total =	5,4729	498,03

Considerando o preço oficial da cana em US\$ 8,7729 a colheita mecanizada da cana crua corresponde a 62,38% deste preço, no período 1991/92.

Tabela 5.20. Energia de combustíveis e da colheitadeira de cana crua.

combustível colheitadeira	657,02 Mcal
combustível caminhões	542,34 Mcal
combustível tratores	6,13 Mcal
energia colheitadeira	140,88 Mcal

Tabela 5.21. Custos resumidos por hectare - Colheita mecânica de cana crua.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	201,62	294,21	14,45	498,03
Mcal	919,71	1034,80	23,96	1978,47

3.8. Colheita manual - cana crua

Tabela 5.22. Custos e energia despendidos na colheita manual, cana crua.

Mecanização.

Operação	Equipamento	Rendimento	Custo US\$	Energia equip.	Energia comb.
Mecanização	trator +	total	49,25	81,65	368,4
carregamento mecânico	carregadeira	5,00 h.	47,57	78,87	361,00
reparo de estradas e de carreadores	motoniveladora	0,07 h.	0,96	1,59	3,79
tração de caminhões		0,05 h.	0,72	1,19	3,61
Transporte	caminhão +	total	261,7	433,89	565,58
de amostras de cana		0,28 Km	0,10	0,17	0,72
peçoal de corte de cana	ônibus	10 Km	4,22	6,99	22,30
cana até esteira da usina	treminhão	91 ton	257,11	426,28	541,50
carregadeiras	prancha	0,35 Km	0,27	0,45	1,06

Tabela 5.23. Custos e energia despendidos na colheita manual cana crua. Mão-de-obra.

Operação	Custo - US\$	Energia - Mcal
total	397,95	659,79
coleta de cana para análise	0,06	0,10
corte da cana	367,53	609,36
entregador de cana	0,80	1,33
catação de cana	19,28	31,96
fiscal de corte de cana	10,28	17,04

Tabela 5.24. Custos totais por hectare - Colheita manual crua. (1991/92).

	US\$/ton	US\$/ha
corte manual	2,7881	347,95
carregamento	0,5169	47,28
tração	0,2838	25,82
catação	0,1624	14,78
entregadores	0,0755	6,87
aparadores de carga	0,0209	1,90
administração roça	0,0774	7,04
veículos de apoio	0,0141	1,28
transporte até a usina	2,6918	244,95
total =	6,6309	603,64

Considerando o preço oficial da cana em US\$ 8,7729 a colheita manual da cana crua corresponde a 75,58% no período 1991/92.

Tabela 5.25. Custos resumidos por hectare - Colheita manual crua.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	49,25	261,7	397,95	708,9
Mcal	450,05	999,47	659,80	2109,32

4. CUSTOS E DISPÊNDIOS ENERGÉTICOS TOTAIS

Tabela 5.26. Custos e dispêndios energéticos de produção por hectare.

	formação	4X cortes	média 5 cortes
US\$	781,51	254,38	359,80
Mcal	3.925,81	2.751,29	2.986,19

Tabela 5.27. Custos e dispêndios energéticos totais por hectare.

Mcal	manual queimada	mecânica queimada	mecânica crua	manual crua
colheita	1.738,53	1.557,23	1.978,47	2.109,32
produção	2.986,19	2.986,19	2.986,19	2.986,19
total	4.724,72	4.543,42	4.964,66	5.095,51

As planilhas deste capítulo não trouxeram novidades quanto aos elementos que pudessem se destacar em termos de energia gasta, que não fossem de conhecimento público e que há longo tempo vêm sendo apontados como os maiores consumidores de energia nos agroecossistemas: os insumos químicos e o trabalho mecânico. Se o trabalho humano fosse mais bem remunerado certamente seria candidato a ser também de maior intensidade energética, proporcionalmente ao maior consumo de energia que estes trabalhadores fariam.

A colheita tem proporção menor, em termos de energia, em relação ao dispêndio total, variando de 36% a 41%, do que a proporção considerando os custos financeiros, que variam na relação com o total de 55% até 68%. Isto ocorre em função do maior dispêndio de energia na produção da cana em

insumos químicos e mecanização, cuja correspondência em termos financeiros indica preços baixos (ou subsídios) para tal energia.

Neste capítulo foram montadas as planilhas estruturadas a partir das informações de campo descritas no capítulo 2. Os dados de dispêndios energéticos foram gerados a partir de conversões de custos de insumos a energia definidos no item 2 do capítulo 3 e a partir de conteúdos energéticos e dispêndios avaliados em análises de processos, também descritos no capítulo 3. Esta é a base primária para confecção dos cenários da seqüência deste trabalho.

No próximo capítulo são discutidos três cenários de agroecossistemas de cana, o primeiro deles a partir dos dados do modelo primário dos fatores de produção, o segundo incorporando os custos das externalidades ambientais e o terceiro simulando uma produção ambientalmente sustentada.

CAPÍTULO 6

OS CENÁRIOS

No capítulo anterior foram descritas as operações e insumos que compõem a produção de cana em agroecossistemas da região noroeste do estado de São Paulo. As condições dos dados são médias de cultivos da empresa e de fornecedores e pretendem representar o que existe de mais moderno no país em termos de produzir com menos custos financeiros e com os melhores cuidados ambientais entre os produtores brasileiros.

Foram também calculadas as quantidades de energia dessa produção, baseadas em avaliações de índices de conversão descritos no capítulo 3. Essas energias são aquelas despendidas diretamente em geração de insumos e para a realização de trabalho na roça. Entretanto existe uma quantidade de energia que não aparece facilmente nas planilhas dos insumos e trabalho, que é externalizada dos custos para que a sociedade pague por ela. São os subsídios explícitos de ações governamentais, camuflados em poluições de recursos e na crescente escassez de bens naturais, pelo uso indiscriminado destes como fatores de produção. Esta discussão foi feita no capítulo 4.

Neste capítulo são organizadas as informações destes custos energéticos diretos e indiretos (pela ação ambiental) em cenários onde são representadas situações de hipotéticos incrementos de fatores e redução de outros.

São montados três cenários: Comercial, Custos ampliados com a internalização ambiental e Ambientalmente sustentado.

1. O CENÁRIO COMERCIAL

Os governos dos países e estados definem subsídios para determinados sistemas produtivos com a finalidade de que esses sistemas passem a gerar mais retornos que os valores investidos. Uma das principais atividades receptoras desses investimentos no Brasil e no mundo é a agricultura.

A sociedade brasileira vem subsidiando a agricultura da cana, principalmente por decisão de governos e apoiada por representantes legislativos, com argumentos de que a atividade beneficiaria a economia e a sociedade. O dinheiro é canalizado para produtores já ricos e para regiões férteis, onde qualquer atividade ligada à agricultura se desenvolve espontaneamente. O que mais cresceu onde se subsidiou a agricultura da cana foram as fortunas dos produtores e a miséria dos trabalhadores. Os subsídios dos cofres públicos estão distribuídos desde a produção de insumos modernos, no financiamento das compras destes insumos, no financiamento de plantios e colheitas, nas compras especiais que o governo faz, e se faltar capital para manter as empresas do setor, o governo federal subsidia. A ineficácia destes "investimentos" é bem criticada por Cairncross (1992), uma representante do pensamento liberal.

As planilhas de custos apresentadas ao governo federal para a composição do preço do álcool são montadas por entidades representativas dos produtores e visam obter os melhores preços possíveis para o fornecimento, já que este é um setor regulamentado e não tem autonomia para mercado aberto. O uso destas planilhas poderia ser a base para um cenário comercial. Entretanto elas

representam médias nacionais e são manejadas para relação comercial com um único comprador, que é uma entidade política (o governo).

Optei então por usar a planilha da composição dos custos da empresa em estudo, considerando principalmente estar ali uma das mais modernas empresas de produção de álcool do país¹.

Esta planilha representa a otimização dos retornos financeiros de uma empresa reconhecidamente rentável e que tem estratégia de diferenciação e busca de vantagens competitivas no que se refere a meio ambiente. Para tanto ela investe na adequação técnica e qualificação de de mão-de-obra, e de transformação dos investimentos modernizantes em retornos financeiros a médio prazo.

1.1. A formação e reforma dos canaviais, transformando o ecossistema em uma fábrica

Os custos financeiros e dispêndio de energia descritos a seguir são aqueles levantados diretamente na empresa (unidades por hectare).

Tabela 6.1. Custos financeiros médios para formação de canavial (US\$).

US\$/ha	preparação do solo	plantio	tratos culturais	subtotais
mecanização	124,64	32,44	20,90	177,98
transporte	4,75	27,40	0,93	33,08
insumos	16,63	338,95	54,02	409,60
mão-de-obra	5,79	122,29	32,77	160,85
subtotais	151,81	521,08	108,62	total = 781,51

¹ Estas razões estão mais aprofundadas no capítulo 2.

Tabela 6.2. Custos energéticos médios para formação de canaviais - energia direta.

Mcal/ha	preparação do solo	plântio	tratos culturais	subtotais
mecanização	807,87	245,74	196,87	1.250,48
transporte	43,06	188,83	9,57	241,46
insumos	132,82	1.400,45	629,69	2.162,96
mão-de-obra	9,72	205,98	55,21	270,91
subtotais	993,47	2.041,00	891,34	total = 3.925,81

A relação energia despendida / capital investido $\Delta E/\Delta G$ foi de 5,02 Mcal/US\$, com cada dólar tendo uma equivalência de energia muito superior ao índice de conversão entre insumos e trabalho por dólar estimado para os demais setores da economia, avaliado no capítulo 3 em $\Delta E/\Delta G = 1,658$ Mcal/US\$. Os insumos e a mecanização correspondem a 87% dos dispêndios totais em energia, os mesmos que recebem os subsídios preferenciais do governo.

Neste cenário os fatores de produção não podem ser descartados, reduzidos ou substituídos, pois estão representadas as situações de otimização financeira.

As operações de mecanização e transporte envolvem necessidade de equipamentos pesados e não poderiam ser realizadas manualmente. O plântio é feito com toletes tratados, que são mais caros que os picados no sulco, mas que geram ganhos de produtividade maiores. Os insumos industriais também não podem ser reduzidos sem a perda de produtividade.

Este primeiro cultivo tem custo total 30% superior à média dos cultivos seqüentes, mas a produção é 33% maior.

1.2. Os tratos culturais das soqueiras e as médias de produção

Os terrenos mais próximos à usina recebem cargas maiores de fertirrigação e tem conseqüentemente produtividade maior, com a planta permanecendo em níveis bons de produção por mais tempo (nas melhores condições com 12 anos), até a renovação do canavial. Entretanto o que se busca aqui é verificar as condições médias, e estas indicam cinco anos para renovação do canavial.

A produção média por corte na empresa foi, em ton/ha:

Quadro 6.1. Produção média por corte (ton/ha).

1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
124,8	98,6	88,0	75,2	83,4

A média foi de 94,18 ton/ha, mas quando são considerados os fornecedores da região a média cai para 91,00 ton/ha.

Tabela 6.3. Operações, insumos, custos financeiros e dispêndios energéticos por hectare.

	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	total
US\$	32,59	0,54	187,07	34,18	254,38
Mcal	276,00	4,66	2.412,94	57,69	2.751,29

A relação energia despendida / capital investido $\Delta E/\Delta G$ foi de 10,82 Mcal/US\$, mais que o dobro da fase de formação do canavial, com a presença mais forte agora dos insumos modernos nos dispêndios energéticos, com 87% do total.

Considerando agora a média entre a formação do canavial e os tratos culturais dos quatro cortes seqüentes, sem a colheita, temos:

Tabela 6.4. Custos financeiros médios por hectare.

Custo total formação + tratos culturais	
US\$ / ha	
formação	781,51
tratos culturais - quatro cortes	1017,52
total - cinco cortes	1799,03
média por corte	359,80 US\$/ha

média por tonelada	3,95 US\$/ton
--------------------	---------------

Tabela 6. 5. Custos energéticos médios por hectare.

Mcal/ha	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	Total
formação	1.250,48	241,46	2.162,96	270,91	3.925,81
tratos culturais	276,00	4,66	2.412,94	57,69	2.751,29
média	470,80	52,02	2.362,94	100,33	2.986,19

A relação energia despendida / capital investido $\Delta E/\Delta G$ foi de 8,30 Mcal/US\$, com mais energia despendida na formação do canavial em função da mecanização, mas com menor relação $\Delta E/\Delta G$ nesta fase.

Considerando a produtividade de 91 ton/ha, o dispêndio energético nestas fases por tonelada de cana produzida é de:

média por tonelada	32,81 Mcal/ton
--------------------	----------------

1.3. As alternativas de colheitas

As colheitas podem se dar de quatro formas alternativas: manual crua, manual queimada, mecânica crua e mecânica queimada. As planilhas resumidas são as seguintes:

Tabela 6.6. Custos financeiros, energéticos e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana queimada, por hectare.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	49,41	260,59	220,85	530,85
Mcal	451,75	920,62	366,16	1.738,53
$\Delta E/\Delta G$	9,12	3,53	1,66	3,27

Tabela 6.7. Custos financeiros energéticos e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana queimada, por tonelada de cana.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	Total
US\$	0,54	2,86	2,43	5,83
Mcal	4,96	10,12	4,02	19,10
$\Delta E/\Delta G$	9,12	3,53	1,66	3,27

As planilhas da empresa indicaram variação de custo do valor mínimo de US\$ 4,25 até o máximo de US\$ 5,83 por tonelada da cana.

A relação $\Delta E/\Delta G$ para esta forma de colheita foi de 3,27 Mcal/US\$, ou seja, muita energia gasta para poucos dólares, quando o índice definido neste trabalho como a estimativa mais próxima da realidade é de $\Delta E/\Delta G = 1,658$ Mcal/US\$. O trabalho humano considerado como menos intensivo em energia teve peso maior para que o índice total ficasse abaixo das colheitas mecanizadas. Apesar de alto, o índice $\Delta E/\Delta G$ para esta forma de colheita é inferior ao da fase de trato cultural (5,02 Mcal/\$) e cerca de 1/3 daquele da fase de trato cultural.

A energia total despendida por tonelada de cana colhida é de 19,10 Mcal.

Tabela 6.8. Custos financeiros energéticos e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana queimada, por hectare.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	Total
US\$	97,95	257,31	14,77	370,03
Mcal	562,73	970,02	24,48	1.557,23
$\Delta E/\Delta G$	5,74	3,77	1,66	4,21

Tabela 6.9. Custos financeiros, energéticos e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana queimada, por tonelada de cana.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	1,08	2,83	0,16	4,07
Mcal	6,18	10,66	0,23	17,11
$\Delta E/\Delta G$	5,74	3,77	1,66	4,21

Variação do custo médio : US\$ 3,48 a US\$ 5,64 por tonelada de cana.

O índice $\Delta E/\Delta G = 4,21$ foi ainda maior nesta forma de colheita, forçado pelo uso mais intensivo de combustíveis.

A energia despendida por tonelada de cana colhida é de 17,11 Mcal.

Tabela 6.10. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana crua, por hectare.

	Mecanização	Transporte	mão-de-obra	total
US\$	201,62	296,41	14,45	498,03
Mcal	919,71	1.034,80	23,96	1.978,47
$\Delta E/\Delta G$	4,56	3,49	1,66	3,97

Tabela 6.11. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita mecânica, cana crua, por tonelada de cana.

	Mecanização	Transporte	mão-de-obra	total
US\$	2,22	3,26	0,16	5,47
Mcal	10,11	11,37	0,26	21,74
$\Delta E/\Delta G$	4,56	3,49	1,66	3,97

O custo médio por tonelada de cana foi de US\$ 5,47

Índice $\Delta E/\Delta G = 3,97$ que é menor que o anterior, indica produtividade energética melhor para equipamentos de colheita crua que a queimada, apesar de despende mais energia e capital.

A energia despendida por tonelada de cana colhida é de 21,74 Mcal.

Tabela 6.12. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana crua, por hectare.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	49,25	261,7	397,95	708,9
Mcal	450,05	999,47	659,80	2.109,32
$\Delta E/\Delta G$	9,14	3,82	1,66	2,97

Tabela 6.13. Custos financeiros, energéticos, e relação de substituição de energia por insumos e trabalho para colheita manual, cana crua, por tonelada de cana.

	Mecanização	Transporte	Mão-de-obra	total
US\$	0,54	2,87	4,37	7,79
Mcal	4,95	10,98	7,25	23,17
$\Delta E/\Delta G$	9,14	3,82	1,66	2,97

O custo médio por tonelada de cana variou de US\$ 6,63 a US\$ 7,79 .

Menor relação $\Delta E/\Delta G = 2,97$ que indica muita energia despendida, mas também muito capital. É uma colheita de mão-de-obra intensiva, e a energia do trabalho humano foi estimada pelo preço do salário no momento da pesquisa. Esta forma de colheita somente se justifica em termos de energia se os salários forem forçosamente rebaixados até a proximidade da relação de energia/salários para pagar somente a manutenção diária do indivíduo.

A energia despendida por tonelada de cana colhida é de 23,18 Mcal.

6.14. Custos resumidos por tonelada de cana, das quatro formas de colheita.

Custos financeiros e energéticos.

	Mecanização		Transporte		Mão-de-Obra		Total	
	US\$	Mcal	US\$	Mcal	US\$	Mcal	US\$	Mcal
Manual- Queimada	0,54	4,96	2,86	10,12	2,43	4,02	5,83	19,10
Mecânica- Queimada	1,08	6,18	2,83	10,66	0,16	0,23	5,53	17,11
Manual- Crua	0,54	4,95	2,87	10,98	4,37	7,25	7,79	23,17
Mecânica- Crua	2,22	10,11	3,26	11,37	0,16	0,26	5,64	21,74

Os dispêndios energéticos da colheita mecânica queimada foram os menores entre os quatro, com uma diferença de 6,06 Mcal/ton de cana, ou 26% entre o menor valor e o maior, devido principalmente ao trabalho humano. Com o aumento da remuneração da mão-de-obra haveria um aumento da sua correspondência em energia, ou seja, o trabalho humano passaria a custar uma maior quantidade de energia por tonelada de cana.

Quando considerados apenas os aspectos financeiros, saltam aos olhos os custos da mão-de-obra da colheita manual crua, que somente se justifica em situações especiais. A colheita mecânica crua já é competitiva em relação à colheita manual queimada, a forma mais usada na região.

O índice $\Delta E/\Delta G$ para o transporte teve pouca variação entre os quatro modos de colheita, mas foi superior ao dobro do valor estimado para outros setores produtivos.

1.4. Dispendios de energia comercial e recursos financeiros para produção da cana

Tabela 6.15. Dispendios de energia comercial e recursos financeiros para formação e tratos culturais da cana, por hectare.

	formação	4 tratos	média 5 anos
US\$/ha	781,51	254,38	359,80
Mcal/ha	3925,81	2751,29	2.986,19

Tabela 6.16. Dispendios de energia comercial para formação, tratos culturais e colheita da cana, por hectare.

Mcal/ha	manual queimada	mecânica queimada	mecânica crua	manual crua
colheita	1.738,53	1.557,23	1.978,47	2.109,32
produção	2.986,19	2.986,19	2.986,19	2.986,19
total	4.724,72	4.543,42	4.964,66	5.095,51

Tabela 6.17. Dispendios de energia comercial para formação, tratos culturais e colheita da cana, por tonelada de cana.

Mcal/ton	manual queimada	mecânica queimada	mecânica crua	manual crua
colheita	19,10	17,11	21,74	23,17
produção	32,82	32,82	32,82	32,82
total	51,92	49,93	54,56	56,01

2. AMPLIANDO OS CUSTOS COM EXTERNALIDADES. O CENÁRIO DOS CUSTOS AMBIENTAIS

Neste cenário são estimados os dispêndios de energia considerando a energia comercial avaliada no cenário anterior, somados agora com a energia que tinha sido desconsiderada como fator de produção e lançada como custo futuro à sociedade, ou como custos presentes aos que aceitam sem reclamar.

2.1. A água como fator de produção na planilha dos custos

Não são considerados como danos ao ambiente os aportes aos corpos d'água oriundos da prática da agricultura da cana, ainda que a turbidez gerada seja alta.

Os aspectos referentes aos impactos nos recursos hídricos da região quanto à água para irrigação e recarga de aquíferos não são considerados como geradores de poluição ou pressão ambiental, com conseqüentes custos energéticos. Os custos energéticos referentes à poluição da água para abastecimento e o assoreamento de reservatórios com conseqüente perda de capacidade de geração de eletricidade foram estimados no capítulo 4 e são considerados de acordo com a influência da poluição total por cada hectare de canavial da região.

2.2. Os agrotóxicos e a intensidade energética de suas ações

A valoração das ações decorrentes de poluição por agrotóxicos pode ser feita com razoável acuidade para situações e receptores específicos. Pode-se determinar doses letais e danos a ecossistemas no tempo. Entretanto quando a extensão das aplicações e os impactos abrangem diversos ecossistemas e um mosaico de biota, a avaliação média é de difícil representação. Se os

agrotóxicos atingem por exemplo uma várzea onde se abrigam espécies a se preservar, o dano pode ser rigoroso.

Uma forma de estimação da influência da aplicação de agrotóxicos pode ser pela valoração de ações alternativas à sua aplicação atual, considerando a hipótese de não poluição e a aplicação arcando com mais cuidados que os da atualidade, para o mesmo produto.

Neste caso, a aplicação criteriosa despenderia o dobro da quantidade de trabalho e equipamentos que aqueles utilizados na defesa do canavial. Com tal estimativa se pretende que as doses sejam criteriosamente distribuídas onde necessárias, sem excessos, e intensificados os tratos culturais manuais e mecânicos que liberariam o trato cultural do uso intensivo destes insumos e que estes se restringiriam a quantidades estritamente indispensáveis.

Para a formação do canavial são despendidas em trabalho e equipamentos as seguintes quantidades de energia:

Tabela 6.18. Energia despendida para realização de trabalho e em equipamentos na formação. Mcal/ha.

aplicação de herbicidas	58,66
abastecimento de herbicidas	5,02
combate às formigas	6,01
carpa manual	45,95
subtotal	115,64

Para os tratos culturais do canavial são despendidas em trabalho e equipamentos as seguintes quantidades de energia, em Mcal/ha/ano:

Tabela 6.19. Energia despendida para realização de trabalho e em equipamentos nos tratos culturais. Mcal/ha/ano.

aplicação de herbicida e trato cultural	54,15
abastecimento de herbicidas	2,80
combate às formigas	0,44
carpa manual	41,35
arranque do colônião	12,58
subtotal	111,31

2.3. O solo perdido e o solo gasto

A formação do agroecossistema implica intensas movimentações de solo e limpeza do terreno de plantas, tocos, pedras, além da preparação topográfica e de conservação do solo. Os custos energéticos são também intensos pelo uso de maquinaria e de combustíveis. As práticas de plantio direto na renovação do canavial, preconizadas principalmente por acadêmicos e por assistência rural pública, não empolgam, provavelmente por serem antieconômicas para os produtores. Esta é a fase de maior perda de solo, de nutrientes e da perda de qualidade da água por sedimentos.

Neste cenário o solo tem custo definido no item 4.4 do capítulo 4, a uma taxa média de perda de 10 toneladas de solo por hectare por ano para cana soca e 12,4 ton/ha ano para cana planta. Sua equivalência em fertilizantes industriais é acrescida na contabilização do trato cultural.

2.4. O espaço, o lazer, a paisagem e a queima da cana

A queima da cana gera impactos ambientais de reconhecida nocividade ao ecossistema e aos homens. O uso desta prática somente se justifica pelo custo

financeiro menor que o da cana crua, porque a sociedade arca com este custo ambiental para que o produtor rural possa obter maiores rendimentos financeiros.

Certamente não se passará muito tempo até que a sociedade se decida por impor aos que desejarem queimar seus canaviais os cuidados para que a fumaça não polua o ar, os vizinhos não fiquem sujeitos a fogo acidental e a extensão da queima não resulte em perdas substanciais ao próprio ecossistema. Enquanto isto não ocorre, a avaliação do impacto da queima pode ser estimada em energia pela quantidade despendida na colheita não queimada, como forma de equiparação de custos frente a um horizonte de manejo sustentado do agroecossistema.

* As vantagens da colheita da cana crua em termos de limpeza para a moagem, de permanência da massa verde na roça e de seus benefícios à microbiota e propriedades físicas do solo e dos efeitos de fertilização da palhada, somados aos dispêndios gerados pelos impactos da queimada, fazem da estimativa deste trabalho de equivalência de custos energéticos uma relação subestimada, mas é uma aproximação à verificação destas práticas.

A tecnologia do corte da cana crua é jovem ainda no país e faz parte da estratégia empresarial da empresa em estudo o domínio desta tecnologia, pois ela entende² que em médio prazo a legislação (por pressão da sociedade) ficará rigorosa com a queima, inviabilizando-a economicamente. Equiparando os custos da poluição ambiental e das perdas do ecossistema aos dispêndios energéticos do corte da cana crua, que podem ser reduzidos a curto prazo, impõe-se à queima do canavial um valor de referência que irá diminuir com o tempo.

² Comunicação pessoal de diretor da empresa.

Imputando este dispêndio energético maior à queima da cana, pode-se estimar que a questão da paisagem e do lazer numa região sem queima da cana e com áreas de conservação ambiental integradas aos canaviais esteja num rumo de diminuição de dispêndios públicos (dos habitantes da região) e possivelmente de maiores ganhos com o uso destas áreas.

2.5. Planilhas de dispêndios energéticos com externalidades

2.5.1. Solo

Perda de solo no preparo, plantio e tratos culturais para a formação do canavial e sua equivalência em fertilizantes:

12.400 kg de solo = 0,65 kg de fósforo - 31,99 kg de potássio - 92,97 de calcário, que considerados em energia nos dão:

$$0,65 \times 4,55 + 31,99 \times 3,00 + 92,97 \times 0,132 = 111,19 \text{ Mcal.}$$

Perda de solo nos tratos culturais das soqueiras e sua equivalência em fertilizantes:

10.000 kg de solo = 0,52 kg de fósforo - 25,80 kg de potássio - 74,97 de calcário que considerados em energia nos dão:

$$0,52 \times 4,55 + 25,80 \times 3,00 + 74,97 \times 0,132 = 89,66 \text{ Mcal.}$$

Média dos cinco anos : 93,97 Mcal/ha/ano.

2.5.2. Agrotóxicos

O incremento energético estimado é equivalente à aplicação criteriosa destes elementos, com mais uma vez a quantidade despendida de trabalho e equipamentos, como descrito e estimado anteriormente.

A média de dispêndios energéticos para estimação dos custos ambientais dos impactos dos agrotóxicos é de 112,17 Mcal/ha/ano.

2.5.3. Água

Tratamento para abastecimento = US\$ 2,02 /ha/ano ou
3,35 Mcal/ha/ano

Água - produção de eletricidade e assoreamento = US\$ 2,88 /ha/ano ou
4,77 Mcal/ha/ano

2.5.4. Queima da cana e colheita

Os custos ambientais em virtude da queima dos canaviais é considerado pela equivalência aos maiores custos da cana colhida crua. A colheita de cana crua apresenta atualmente dispêndios energéticos maiores que os da cana queimada, sendo então estimados apenas os dispêndios da colheita da cana crua, como foi discutido no capítulo 4, item 4.2.

Tabela 6.20. Custos estimados de energia comercial com externalidades na formação.

Mcal	preparação do solo	plantio	tratos culturais	externa- lidades	subtotais
mecanização	807,87	245,74	196,87	111,19	1361,67
transporte	43,06	188,83	9,57		241,46
insumos	132,82	1.400,45	629,69	112,17	2.275,13
mão-de-obra	9,72	205,98	55,21		270,91
água				8,12	8,12
subtotais	993,47	2.041,00	891,34	231,48	4.157,29

Tabela 6.21. Custos de energia comercial com externalidades nos tratos culturais das soqueiras.

Mcal/ha	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	Água	total
energia direta	276,00	4,66	2412,94	57,69		2751,29
externalidades	89,66		111,31		8,12	209,09
total	365,66	4,66	2524,25	57,69	8,12	2960,38

O custo total das externalidades para os cinco cortes é de 213,49 Mcal/ha

A média dos custos energéticos totais para formação e quatro anos de cultivo, com as externalidades, é de 3.199,76 Mcal/ha/ano.

Os custos energéticos totais com externalidades das duas formas de colheita da cana crua, desconsiderando a queima do canavial como discutido anteriormente, são:

Tabela 6.22. Custos energéticos totais com externalidades na colheita da cana crua, por hectare.

Mcal	mecânica	manual crua
colheita	1.978,47	2.109,32
produção	3.199,76	3.199,76
total	5.178,23	5.309,08

Tabela 6.23. Custos energéticos totais com externalidades na colheita da cana crua, por tonelada de cana.

Mcal	mecânica- crua	manual crua
colheita	21,74	23,17
produção	35,16	35,16
total	56,9	58,33

O incremento energético estimado da incorporação das externalidades, derivadas de impactos ambientais, na produção da cana representa a seguinte proporção em relação às estimativas da energia direta despendida:

Tabela 6.24. Incremento energético devido às externalidades na produção da cana.

	energia direta + externalidades	somente externalidades	proporção incremental
colheita mecânica	5.178,23	213,49	4,12%
colheita manual	5.309,08	213,49	4,02%

Esta proporção pode ser uma sugestão de quanto a sociedade e o meio ambiente perdem, ou deixam de reinvestir, nas condições ambientais para que sejam atenuados os efeitos dos impactos da produção da cana.

3. CENÁRIO AMBIENTALMENTE SUSTENTADO

O cenário da produção ambientalmente sustentada objetiva gerar dados de simulação de uma situação em que as perdas ambientais estejam minimizadas. Este cenário visualiza as condições ideais mínimas nas quais os rendimentos financeiros são atrativos ao capital e ao mesmo tempo as perdas ambientais são suportáveis pelo ecossistema. Não se pretende simular experimentos, pois não é este o objetivo desta tese, mas especular os possíveis resultados de cuidados ambientais preventivos e para mitigação de impactos da agricultura da cana.

São identificados como os principais impactos ambientais da agricultura da cana as alterações no solo, água, ar e biota, com efeitos e causas discutidos no capítulo 4. A seguir são descritas as ações mitigadoras de impactos e suas decorrências em termos de energia para a contabilização dos dispêndios totais neste agroecossistema.

3.1. Agrotóxicos

A empresa estudada aplica herbicidas de acordo com o tipo da infestação e do grau com que esta se apresenta no local. Os agrônomos visitam com regularidade os talhões e determinam o produto a ser aplicado e sua dose. Neste trabalho foi apresentado o custo de um herbicida como representativo de situação geral, por este produto ter preço intermediário entre os mais baratos e os mais caros, e principalmente por ser o mais usado nas roças da empresa. O produto 2,4-D é considerado potencialmente não-poluente (Arevalo, 1980), mas como visto no capítulo 3 as implicações ambientais do uso destes agrotóxicos é relevante e foram encontrados níveis de poluição na região oriundos destes produtos.

O controle de plantas invasoras não constitui um problema que necessita de sofisticadas técnicas para controle. O capim colônia pode ser arrancado com ferramentas, e as demais plantas que aparecem até o fechamento da cana também podem ser capinadas com máquinas e de forma manual, eventualmente³ com menos energia despendida que com o uso de herbicidas. Para este cenário será estimada a substituição de herbicidas pela capina manual no total de 15 diárias por hectare (Paranhos, 1987).

A aplicação de pesticidas é uma questão mais delicada, pois a defesa agrícola com uso de métodos naturais (e a entomologia presta serviços de imensa relevância) apenas complementa o controle de doenças e pragas que infestam qualquer tipo de ecossistema de apenas uma planta. Dependendo da infestação, da variedade plantada e analisadas as funções pertinentes, o agrônomo decide o combate e controle da infestação. A licença de uso dos produtos é competência governamental, mas as doses são determinadas localmente pelo agrônomo.

O custo ambiental da aplicação de pesticidas pode ser estimado pela equivalência de uma situação em que as doses destes elementos fossem restritas ao mínimo e o canavial suportasse uma menor produtividade em função do menor ataque aos parasitos e vetores. A redução de pesticidas com manejo de suporte limita infestações ao máximo de 12%⁴ da área, com seqüente redução de produção na proporção de 2,6%. Este nível de suporte das pragas da broca gera perda de tonelagem de cana de 2,6% e de sacarose de 2,2% (Bastos, 1987). Onde o pesticida for indispensável (como no controle das

³ A equivalência agrônômica entre as práticas culturais mecânicas e manuais e o rendimento dos herbicidas depende das plantas, do terreno, das condições ambientais e dos produtos aplicados, entre outros fatores.

⁴ Nível máximo de infestação da broca, quando o talhão passa a ser alvo de cuidados extras como área doente. O nível mínimo de infestação para garantir a defesa natural é de 3%. Informações prestadas pelo agrônomo da empresa em estudo.

formigas, por exemplo) as atividades mecânicas e manuais passam a ser realizadas com mais um repasse, para que as aplicações sejam criteriosas.

3.2. Eutrofização da água

Neste cenário não deve existir eutrofização dos cursos e dos reservatórios, nem contaminação da água subterrânea por fertilizantes, considerando que todos os cuidados necessários são realizados.

✂ Para minimizar a influência do cultivo de cana quanto às entradas de nutrientes nos corpos d'água considera-se que as práticas mecânicas usuais de conservação do solo e adubação são insuficientes e que receberão mais um repasse para cada atividade. O preparo do solo para formação é um momento delicado e identificado como um dos principais fatores de carreamento de solo e fertilizantes quando ocorrem chuvas e o solo está revolvido. Será considerado que o solo deve receber plantio direto, sem o revolvimento usual, quando então será aplicado o fertilizante a ser incorporado juntamente com restebas. A prática do plantio direto não deve impor decréscimo de produtividade nem aumento de compactação do solo.

As operações mecânicas, uso de mão-de-obra e insumos desta hipótese têm os seguintes custos energéticos:

Tabela 6.25. Custos energéticos de operações mecânicas na formação.

Operação	Equipamento	Rendimento	Energia Mcal
		total	606,02
Preparo do solo		subtotal	171,52
enleira de restevas	trator + ancinho rot.	0,8 h.	51,61
carreg. de calcário	escavo carregador	0,01 h.	0,97
terraceamento	motoniveladora	1,25 h.	118,94
Plantio		subtotal	245,74
sulcação e adub.	trator + sulcador adub.	1,25 h.	103,36
fechamento - sulco	trator + cobridor	1,00 h.	69,02
carreg. de mudas	trator + carregadeira	0,75 h.	50,59
marcação de sulco	trator + marcador	0,33 h.	22,77
Tratos culturais		subtotal	188,76
cultivo mecânico	trator + cult. + adub.	2,50 h.	172,56
canal de irrig.	trator	0,1 h.	6,59
irrigação	motobomba	0,3 h.	9,61

Tabela 6.26. Custos energéticos dos transportes (incluída a mão-de-obra do motorista) na formação.

Operação	Equipamento caminhão +	Rendimento	Energia Mcal
total			236,59
Preparo do solo			subtotal 38,19
e aplic. de calcário	carroceria distribuidora	6,25 Km	22,41
de pessoal		2,50 Km	7,89
abastec. de máquinas	tanque	2,50 Km	7,89
Plantio			subtotal 188,83
de adubo e inseticida		1,67 Km	5,27
de trator de esteira	carreta especial	0,50 Km	2,13
de pessoal para plantio	ônibus	10 Km	29,64
e distribuição de mudas		42 Km	143,45
de água para heptacloro		1,0 Km	2,84
da equipe de topógrafos		2 Km	5,5
Tratos culturais			subtotal 9,57
abastecimento- herbicidas	tanque	1,67 Km	5,98
de adubo de cobertura		1,0 Km	3,59

Tabela 6.27. Custos energéticos dos insumos na formação.

Operação	Formulação	Rendimento	Energia Mcal
total			1911,17
Preparo do solo			subtotal 132,82
calcário		1 ton	132,82
Plantio			subtotal 1400,45
adubo	00-20-10	0,5 ton	344,00
heptacloro 40%	(Aldrin 5%)	1,5 litros	111,45
mudas		11 ton	
adubo de cobertura	18-00-36	0,25 ton	945,00
Tratos culturais			subtotal 377,9
Karmex 500		5 litros	371,50
formicida		0,3 kg	6,40

Tabela 6.28. Custos energéticos da mão-de-obra na formação.

Operação	Rendimento	Energia Mcal
	total	362,25
Preparo do solo	subtotal	10,26
queima de restos culturais	0,02 diárias	0,17
coleta de solo para análise	0,01 diárias	0,10
combate às formigas	0,10 diárias	1,08
levantamentos topográficos e demarcações	0,25 diárias	8,91
Plantio	subtotal	205,98
corte de mudas	3,67 diárias	59,01
abastecimento de máquinas, adubo e inseticidas	0,27 diárias	2,95
distribuição de mudas nos sulcos	1,20 diárias	22,31
picação das mudas e acomodação	5,20 diárias	79,65
recobrimento e cabeceiras	1,70 diárias	26,03
limpeza de carregadores	1,00 diárias	10,93
fiscal de plantio	0,10 diárias	3,40
fiscal de mudas	0,05 diárias	1,70
Tratos culturais	subtotal	146,01
combate à formiga	1,00 diária	10,94
carpa manual	12,00 diárias	131,28
confecção de esgoto	0,16 diárias	1,75
fiscal de carpa / esgoto	0,06 diárias	2,04

Tabela 6.29. Custos de energia no cenário sustentado para a formação.

Mcal	preparação do solo	plântio	tratos culturais	subtotais
mecanização	171,52	245,74	188,76	606,02
transporte	38,19	188,83	9,57	236,59
insumos	132,82	1.400,45	377,9	1.911,17
mão-de-obra	10,26	205,98	146,01	362,25
subtotais	352,79	2.041,00	722,24	3.116,03

Energia despendida em tratos culturais

Tabela 6.30. Custos energéticos de operações mecânicas nos tratos culturais.

Operação	Equipamento ou formulação	Rendimento	Energia Mcal
		total	342,91
enleiramento de palha	trator + ancinho rotativo	0,80 h	55,35
adubação e escarificação	trator + escarificador adubador	1,00 h	114,66
aplicação de herbicida e trato cultural	trator + cultivador + pulverizador	2,00 h	129,36
conservação de carregadores	motoniveladora	0,30 h	25,52
constr. canal para irrigação	trator	0,10 h	6,15
irrigação por aspersão	motobomba	0,30 h	9,64
Transportes		subtotal	2,23
transporte de adubo	caminhão	0,62 km	2,23

Tabela 6.31. Custos energéticos dos insumos nos tratos culturais.

Operação	Formulação ou produto	Rendimento	Energia Mcal/ha
total			1.895,35
adubo	18-00-36	0,50 ton	1.890,00
formicida		0,25 kg	5,35

Tabela 6.32. Custos energéticos da mão-de-obra nos tratos culturais.

Operação	Rendimento	Energia Mcal/ha
total		209,00
queima de palhas	0,02 diárias	0,29
reforma e confecção de esgoto	0,03 diárias	0,32
combate às formigas	0,08 diárias	0,88
carpa manual	12,00 diárias	157,54
carpa cabeceira dos talhões	1,30 diárias	17,07
fiscal de carpa e rodeamento	0,08 diárias	2,71
arranque de colonião	2,30 diárias	30,19

Tabela 6.33. Custos de energia nos tratos culturais das soqueiras para o cenário sustentado, em Mcal/ha/ano.

	Mecanização	Transporte	Insumos	Mão-de-obra	total
Energia	342,91	2,23	1.895,35	209,00	2.449,49

A média para formação e quatro cultivos é de 2.681,80 Mcal/ha/ano.

Para proteção da biodiversidade, da microbiota do solo e melhoria das próprias condições de fitossanidade dos talhões, estes serão protegidos por entorno de cordão verde, que receberá cuidados de manejo com plantas perenes e adequação de estrutura trófica à biota nativa. Este cordão hipotético tem fins produtivos, com a mesma rentabilidade da cana, como os sítios de pequenas propriedades da região que obtêm tal rentabilidade com frutíferas. Esta hipótese resolve os problemas levantados no capítulo 4 acerca da paisagem, espaço e lazer.

Quanto à queima da cana, será considerada a mesma estimativa do cenário das externalidades, não devendo ocorrer a queima do canavial. Como os carregadores não mais cumprem funções de proteção ao fogo e os talhões são maiores, não serão considerados seus custos.

Considerando a produção de 88,63 ton/ha ano (menor produção em 2,6% devido ao não uso de agrotóxicos, como discutido anteriormente), os dispêndios energéticos para o cenário sustentado são:

Tabela 6.34. Custos energéticos para cenário sustentado, por hectare.

Mcal/ha	mecânica	manual crua
colheita	1.927,03	2.054,47
produção	2.681,80	2.681,80
total	4.608,83	4.736,27

Tabela 6.35. Custos energéticos para cenário sustentado, por tonelada de cana.

Mcal/ton	mecânica	manual crua
colheita	21,74	23,17
produção	30,26	30,26
total	52,00	53,43

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos três cenários em Mcal são:

Tabela 6.36. Planilha resumida - Energia despendida por tonelada de cana - Mcal.

		colheita	produção	total
comercial	manual-queimada	19,10	32,82	51,92
	mecânica-queimada	17,11	32,82	49,93
	mecânica -crua	21,74	32,82	54,56
	manual-crua	23,17	32,82	56,01
externalidades	mecânica-crua	21,74	35,16	56,90
	manual-crua	23,17	35,16	58,33
sustentado	mecânica-crua	21,74	30,26	52,00
	manual-crua	23,17	30,26	53,43

Tabela 6.37. Planilha resumida - Energia despendida por hectare - Mcal.

		colheita	produção	total
comercial	manual-queimada	1.738,53	2.986,19	4.724,72
	mecânica-queimada	1.557,23	2.986,19	4.543,42
	mecânica -crua	1.978,47	2.986,19	4.964,66
	manual-crua	2.109,32	2.986,19	5.095,51
externalidades	mecânica-crua	1.978,47	3.199,76	5.178,23
	manual-crua	2.109,32	3.199,76	5.309,08
sustentado	mecânica-crua	1.927,03	2.681,80	4.608,83
	manual-crua	2.054,47	2.681,80	4.736,27

A primeira constatação que estes dados oferecem é que “o crime não compensa”. Os dispêndios energéticos nas situações em que os danos ambientais fossem pagos, ou reprimidos, indicam valores superiores àqueles dos agroecossistemas sustentados e obviamente da situação primária dos custos comerciais. Pagar pelo conserto dos danos não é uma boa política mas, resguardadas as liberdades de manejo dos ecossistemas para agricultura sem que se prejudique essencialmente o ambiente, o pagamento por este uso ambiental pode ser uma opção social.

A segunda constatação é que os valores obtidos nos cenários são próximos, talvez mais por uma posição conservadora minha ao atribuir valores reduzidos aos aspectos ambientais e fatores de produção, mas já indicando a existência destes custos. Esta seria a plataforma mínima para estimação destes valores e dos custos totais.

As discussões sobre resultados particulares estão distribuídas ao longo da apresentação das planilhas.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. CONCLUSÕES

Quando se iniciaram as primeiras pesquisas sobre entropia e meio ambiente, a expectativa era muito grande em poder se lançar mão de um referencial acima das ingerências políticas para avaliação de sistemas. Com a maturação dos estudos sobre a energia como a moeda universal, fomos percebendo que as formas que a energia toma são de importância fundamental, não bastando a contabilidade de calorías para a análise dos sistemas. Entretanto, foi consolidada a perspectiva da análise energética, especialmente de sistemas em que o trabalho e insumos intensivos em energia são os fundamentos da produção. Este é o caso dos agroecossistemas de cana-de-açúcar.

As formas de estimação dos dispêndios e conteúdos energéticos de insumos e processamentos dos sistemas produtivos são diversos, podendo se lançar mão de um amplo espectro de índices e métodos para cada situação, todos testados e verificados. A valoração dos componentes ambientais, e mesmo dos ecossistemas, como recursos e como valores intrínsecos tem também uma ampla possibilidade de uso de indicadores e índices. A entropia e a verificação dos fluxos de energia nos sistemas ambientais é uma alternativa atraente e que

permite visualizar os ecossistemas produtivos em modelos com boa qualidade de aproximação à realidade. No primeiro capítulo foram feitas as discussões sobre a pertinência do método de análise de agroecossistemas a partir de seus fluxos de energia, verificando-se que as bases teóricas do método são consistentes e que há espaço para uma contribuição na implementação de tal procedimento e na apropriação a condições de ecossistemas produtivos do caso específico. A valoração de bens e funções ambientais recebeu a maior atenção do capítulo, em função da importância da busca por melhor correção de tais definições e estimações, que aconteceram ao longo do trabalho.

A escolha do grupo empresarial do estudo permitiu que pudessem ser analisadas situações em que a integração entre empresa agrícola, fabricante de bens de capital do setor e usina gerasse o melhor cenário-base em termos de tecnologia moderna, melhores solos, uso intensivo de insumos, equipamentos novos e de boa qualidade, alta produtividade, e especialmente em termos da definição empresarial de que o manejo ambiental é o negócio principal do grupo. As empresas estudadas demonstram interesse em investir em tecnologia, sobretudo naquelas de manejo ambiental que indicam possibilidade de ganhos competitivos em situação legal e social com pressão por menos danos ambientais. Os dados de produção da empresa agrícola serviram de base para compor as planilhas do modelo comercial.

As estimativas de valoração energéticas de fatores de produção indicaram os fertilizantes nitrogenados e os agrotóxicos como aqueles de maior intensidade energética e que naturalmente serão os fatores de maior influência na composição dos custos totais, dependendo das quantidades aplicadas. Esta é uma área que vem recebendo muita atenção do meio acadêmico e que dispõe de dados consolidados para vários produtos. Os equipamentos e o trabalho humano foram estimados para a localização do estudo e atualizados.

Os agroecossistemas usam o meio ambiente enquanto fator de produção, e a valoração dos bens naturais e funções exercidas por subsistemas é uma instigante empreitada. Neste trabalho foram estimados os custos energéticos referentes à água, solo, ar, espaço e paisagem como os principais. Ao subdividir os compartimentos de estudo certamente possibilitamos aprofundar esses itens, mas foram usados dados já publicados destas valorações com alto grau ainda de agregação de subsistemas. No capítulo deste tema ainda foi discutida a questão da legislação e de como a sociedade gerencia os recursos comuns.

Com os dados de produção, de conversão energética dos fatores e dos custos ambientais foram montadas as planilhas das diversas formas alternativas de agroecossistemas e discutidas as importâncias dos fatores e da energia envolvida.

A partir das planilhas foram montadas representações de possíveis estados do agroecossistema e formas de análise do modelo.

Os cenários de agroecossistemas de cana-de-açúcar em três alternativas de custos ambientais mostraram que o planejamento para evitar os danos ambientais pode ser mais rentável que o pagamento por estes custos. O cenário da incorporação das ditas externalidades indicou que os custos energéticos crescem, mas em escala reduzida, dando margem ainda a considerar que é uma opção viável tomar estes custos como investimentos para um futuro manejo ambiental mais sustentado, quando o nível de riqueza social for maior. Consertar o meio ambiente custa mais caro que fazer um manejo sustentado em termos energéticos, mas enquanto o meio ambiente não for valorado como bem social, continuará uma apropriação desigual destes valores e degradação de recursos ambientais.

As diferenças finais entre os valores energéticos dos cenários não foram substantivas, indicando mais uma subavaliação dos componentes ambientais deprimidos ou usados, que foram deliberadamente tomados como as mínimas estimativas citadas por pesquisas da área. O que se pretende é estabelecer o padrão mínimo como referência à continuidade destas análises de agroecossistemas de cana e de outros ecossistemas, agrícolas ou não.

Os valores energéticos dos fatores de produção ficaram muito inferiores ao estabelecido na relação de substituição entre energia e valores financeiros de insumos e trabalho humano, definido no capítulo 1. O fator de conversão mostrou-se razoável para compra de maquinaria e definição da equivalência entre salários e energia, mas ficou muito distante da equivalência para insumos químicos e combustíveis. Estes últimos tiveram suas equivalências energéticas estimadas pela análise de processo, e sua influência nos resultados das contabilidades energéticas fez com que a relação final entre dispêndios de energia e dispêndios financeiros ficasse em até cinco vezes maior que o índice para outros setores produtivos. Ou seja, o preço da energia para fatores de produção está barato nesta fábrica de energia.

2. RECOMENDAÇÕES DE SEQUÊNCIA DESTE TRABALHO

Este trabalho pode ter dois caminhos principais de sequência. Ampliar e aprofundar as avaliações e análises da energia envolvida nos fatores de produção e nos subsistemas ambientais, e como outra vertente continuar o estudo do processo de obtenção do álcool com a análise, similar à que foi feita aqui, da usina e da distribuição do álcool.

Os fatores de produção agrícolas vêm sendo analisados entropicamente há algum tempo, restando a atualização e apropriação dos dados de energia. Quanto aos aspectos ambientais, há um imenso campo a ser trabalhado para se chegar a dados cada vez mais próximos à realidade em termos de dispêndio e processos energéticos, tanto na abrangência quanto na profundidade das

avaliações. Cada subsistema ambiental transformado em fator de produção, para cada localização e condições de uso, é um universo complexo e com muitas estruturas energéticas de fluxos e de potenciais ainda a serem desvendadas.

Este trabalho fechará um ciclo quando forem analisados os fluxos de energia no processamento da cana e obtenção do álcool, incluídos também os aspectos em que o meio ambiente é usado como fator de produção. Com estes dados e com os dados gerados nesta tese podemos vislumbrar os reais custos energéticos da obtenção do álcool carburante.

BIBLIOGRAFIA

- ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Glossário de Ecologia*. 1. ed. Publicação ACIESC, n. 57. 1987.
- AB'SABER, Aziz ; MÜLLER-PLATENBERG, Clarita. orgs. *Previsão de Impactos*. EDUSP. 1994.
- AB'SABER, Aziz . Bases conceptuais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In : AB'SABER , Aziz ; MÜLLER-PLATENBERG, Clarita. orgs. *Previsão de Impactos*. EDUSP. 1994.
- AIAA. Encontro de Ribeirão Preto discute proibição da queima dos canaviais. *Boletim Informativo AIAA*. Ano 1. n. 2. 1991.
- ANCIÃES, A. W. , coord. *Avaliação Tecnológica do Álcool Etílico*. CNPq. 3. ed. 1981.
- ANJOS, Natanael M. *Estudo nacional de máquinas agrícolas*. IPEA/FEALQ. São Paulo. 1979.
- AREVALO. Roberto A. *Poluição e defensivos em cana-de-açúcar*. PLANALSUCAR. 1980.
- AYRES, Robert U. *Resources, environment, and economics*. Wiley-Interscience Pub. USA. 1978.
- AYRES, Robert U. Final report on future energy consumption by the chemical industry. In : GOLDEMBERG, Jose et al. *Energy for a sustainable world*. Wiley Eastern Limited. New Delhi - India. 1988.

- BASTOS, Edna. *Cana-de-Açúcar: O verde mar de energia*. Ícone Editora. 1987.
- CAIRNCROSS, Frances. *Meio ambiente : Custos e benefícios*. São Paulo. Nobel. 1992.
- CANTER, Larry W. *Environmental impacts of agricultural production activities*. Lewis Publishers Inc. USA. 1986.
- CAPPELLI, Sílvia. O estudo de impacto ambiental na realidade brasileira. In : BENJAMIN, A. H. V. ed. *Dano Ambiental: Prevenção, Reparação e Repressão*. São Paulo. Editora Revista dos Tribunais. 1993.
- CASARINI, Doroty C. P. *Efeito da fertirrigação com vinhaça nas propriedades químicas e microbiológicas do solo em um sistema de disposição de efluente industrial*. São Carlos. 1989. Tese de doutoramento. EESC -USP.
- CETESB. *Legislação federal controle da poluição ambiental*. São Paulo, 1993.
- COMMONER, Barry. *The poverty of power : energy and the economic crisis*. Bantam Book. USA. 1977.
- COPERSUCAR. *Agroindústria canavieira: um perfil*. São Paulo. 1989.
- CRUZ, Raimundo Leite. *Efeito da aplicação de vinhaça sobre o solo e água subterrânea*. São Carlos. 1991. Tese de doutoramento - EESC-USP.

- DIRA-RP. Estimativa subjetiva de safra no ano agrícola de 1993/1994. Ribeirão Preto, 1994. mimeo. In : SCOPINHO, Rosemeire A. *Pedagogia empresarial de controle do trabalho e saúde do trabalhador: O caso de uma usina - destilaria da região de Ribeirão Preto*. São Carlos. 1995. Dissertação de mestrado. UFSCar.
- DOERING, Otto C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In : PIMENTEL, David ed. *Handbook of energy utilization in agriculture*. USA. CRC Press. 1980.
- DOVRING, F. ; MCDOWELL, D. R. Energy use for fertilizers. In : MITSCH, W.J. ; JORGENSEN S.E. *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. New York. 1989.
- EHLICH, Paul R. *O mecanismo da natureza*. Editora Campus. 1993.
- ELETROBRAS. *Aproveitamento energético dos resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar*. Relatório de trabalho realizado por Comissão Interministerial. 1983.
- ENGELSTAD. O. P. ed. *Fertilizer technology and use*. Soil Science Society of America, Inc. 3. ed. USA. 1985.
- FONSECA, Eduardo Gianetti. *Vícios privados, benefícios públicos? : a ética na riqueza das nações*. São Paulo. Companhia das Letras. 1993.
- FRANCO, Avilio A. ; DÜBEREINER, Johana. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. *Summa Phitopathologica* . vol. 20, n. 1. 1994.

- FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Análise agroeconômica, ecoenergética e sócio-econômica de três unidades de exploração agrícola do município de Rio Azul - Paraná*. IAPAR. Londrina. 1989.
- GENTIL, José Geraldo. *Estudo limnológico comparado de cinco reservatórios do estado de São Paulo localizados em diferentes sistemas hidrográficos*. São Carlos. 1984. Dissertação de mestrado - UFSCar.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. *Energy and economic myths*. Mimeo. Curso proferido na Yale University. 1972.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. The entropy law and the economic problem. In : DALY, M. E. *Toward a steady-state economy*. Freeman . San Francisco. 1973.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. Myths about energy and matter. *Growth and Change*. January 1979.
- GOLDEMBERG, Jose et al. The energetics of alternative biomass sources for ethanol production in Brazil. " *Third International Symposium of alcohol fuels technology*". California, USA. Preprint - Instituto de Física USP. 1979.
- GOLDEMBERG, Jose et al. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. *Science*. USA. vol. 201, September 1978. p. 903 - 906.
- GOLDEMBERG, Jose et al. Energy balance for the production of ethyl and methyl alcohol. " *Workshop on fermentation alcohol for use as*

fuel and chemical feedstock in developing countries". Viena, Austria, March. Preprint - Instituto de Física USP. 1979.

- GOLDEMBERG, Jose et al. *Energy for a sustainable world*. Wiley Eastern Limited. New Delhi - India. 1988.
- HERENDEEN, Robert. Energy intensity, residence time, exergy, and ascendancy in dynamic ecosystems . *Ecological Modelling*. 48 (1989). p. 19-44. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam-Netherlands.
- HERENDEEN, Robert. Net energy and true subsidies to new energy technology. In : MITSCH, W. J. ; BOSSERMAN, R. W. *Energy and ecological modelling*. Elsevier Scientific Pub. Amsterdam. 1981.
- HESPANHOL, Ivanildo. Efeitos ambientais do Programa Nacional do Álcool. *Revista DAE*. São Paulo, n. 121. 1979.
- HOHMEYER, Olav. Internalização de efeitos externos. In : AB'SABER, Aziz ; MÜLLER-PLATENBERG, Clarita. orgs. *Previsão de Impactos*. EDUSP. 1994.
- IBAMA. *Agrotóxicos*. Textos do Decreto nº 98.816 de 11/01/1990 e Lei nº7.802 de 11/07/1989. 1990.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Mapa da Rede Hidrográfica do Estado de São Paulo*. São Paulo. 1981.

- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Mapa das áreas de recarga do aquífero Botucatu-Pirambóia*. 1995.
- LEACH, Gerald. *Energy and food production*. IPC Science and Technology Press. U.K. 1976.
- LEITE, Rogério C. *Pró-Álcool. A única alternativa para o futuro*. Editora da Unicamp. 1990.
- LOCKERETZ, William. Energy inputs for nitrogen, phosphorus and potash fertilizer. In : PIMENTEL, David ed. *Handbook of energy utilization in agriculture*. USA. CRC Press. 1980.
- LOPES, Alfredo S. *Preservação ambiental e produção de alimentos*. São Paulo, ANDA. 1991.
- MACEDÔNIO, Ângela C. , PICCHIONI Silvia A.. *Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuário*. Secretaria de Agricultura - PR. 1985.
- MAGALHÃES, J. P. et al. *PROÁLCOOL ; uma avaliação global*. Astel. Rio de Janeiro. 1991.
- MAKHIJANI, Arjun. *Energy and agriculture in the third world*. Ballinger Publishing Co. USA. 1975.
- MAXWELL, Judith ; CONSTANZA Robert . An ecological economics for Ecological Engineering : an introduction to ecotechnology. in MITSCH W.J. e JORGENSEN S.E. *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. New York. 1989.

- MAY, Peter H. org. *Economia Ecológica: Aplicações no Brasil*. Editora Campus. 1995.
- MEDEIROS, Josemar X. Aspectos econômico-ecológicos da produção e utilização do carvão vegetal na siderurgia brasileira. In : MAY, Peter H. org. *Economia Ecológica: Aplicações no Brasil*. Editora Campus. 1995.
- MELLO, Renato. *Análise energética de agroecossistemas : o caso de Santa Catarina*. Florianópolis. 1986. Dissertação de mestrado. UFSC.
- MIKLOS, A. A. W. A biodiversidade e a renovação das terras. *Folha de S. Paulo*. 30/11/1993.
- MITSCH, W. J. ; BOSSERMAN, R. W. *Energy and ecological modelling*. Elsevier Scientific Pub. Amsterdam. 1981.
- MITSCH, W.J. ; JORGENSEN S.E. *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. N. York. 1989.
- NOVOTNY, V. ; CHESTERS, G. Handbook of nonpoint pollution. New York, Van Nostrand Reinhold Company. 1981. In : CANTER, Larry W. *Environmental impacts of agricultural production activities*. Lewis Publishers Inc. USA. 1986.
- ODUM H. T. *Ecological Engineering and self-organization*. In : MITSCH, W.J. ; JORGENSEN S.E. *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. N. York. 1989.

- ODUM, Howard T. ; ODUM Elisabeth C. *Hombre y naturaleza : Bases energéticas*. Ediciones Omega. Barcelona. 1981.
- OMETTO, João G. S. *Álcool, energia da biomassa: Aspectos tecnológicos e econômicos da produção*. Publicação da conferência proferida na EESC-USP em maio de 1993.
- OTTAWAY James H. *Bioquímica da poluição*. São Paulo. EPU-EDUSP. 1982.
- PARAGUASSU, A. B. et al. Considerações sobre o assoreamento no reservatório Álvaro S. Lima. In : TUNDISI J. G. ed. *Limnologia e manejo de represas*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, vol. 1, tomo 1. 1988.
- PARANHOS, S.B. coord. *Cana-de-Açúcar: Cultivo e utilização*. Fundação CARGILL, Campinas. 1987.
- PHILIPPI JR, Arlindo. org. *Saneamento do meio*. FUNDACENTRO, 1988.
- PHILLIPSON, John. *Ecologia energética*. São Paulo. Editora Nacional. 1977.
- PILLET, Gonzague. Mettre un prix sur ce qui n'a pas de prix. *Ecodecision*, juin/june, Canada. 1992. p. 40 - 42.
- PIMENTEL, David, ed. *Handbook of energy utilization in agriculture*. USA. CRC Press. 1980.

- PIMENTEL, David . Agriculture and ecotechnology. In : MITSCH, W.J. ; JORGENSEN S.E . *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. New York. 1989.
- PLANALSUCAR. *Previsão e análise tecnológica do Pró-Álcool. Relatório final*. Execução Planalsucar - USP - Instituto Mauá de Tecnologia. 1981.
- RASOVSKY, E. Milan. *Álcool - Destilarias*. Rio de Janeiro. M.I.C. Coleção Canavieira n. 12. 1973.
- SAFFIOTI, W. O desperdício de energia na queima de canaviais. *Pau Brasil*. São Paulo. DAEE, n. 9, ano II. 1985.
- SALLES, Lauriberto S. *Elementos para o planejamento ambiental do complexo agroindustrial sucroalcooleiro no estado de São Paulo : Conceitos, aspectos e métodos*. São Carlos. 1993. Dissertação de Mestrado. EESC - USP.
- SCOPINHO, Rosemeire A.. *Pedagogia empresarial de controle do trabalho e saúde do trabalhador : O caso de uma usina - destilaria da região de Ribeirão Preto*. São Carlos. Dissertação de mestrado. UFSCar. 1995.
- SZMRECSÁNYI Tamás. coord. *Pesquisa de mercado do álcool de cana no Estado de São Paulo*. Conselho Estadual de Energia. 1987.
- TUNDISI J. G. ed. *Limnologia e manejo de represas*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, vol. 1, tomo 1, 1988.

- TUNDISI J. G. *Entrevista à revista Ciência Hoje*. vol. 19, n. 110, junho 1995.
- TUNDISI J. G. et al. Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo : Eutrofização e manejo. In : TUNDISI J. G. ed. *Limnologia e manejo de represas*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, vol. 1, tomo 1, 1988.
- ULBANERE, R.C. ; FERREIRA, W.A. . *Custo social, energético e econômico relativo às perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo*. Rev. Energia na Agricultura- Eng. Agrícola- Botucatu - SP, vol. 5, n. 3, 1990, p. 18-35.
- VIEIRA, L. S. *Manual de Ciência do Solo*. Ed. Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 1975.
- WANG, F. C. ; MILLER M. A.. Energy analysis applied to environmental issues. In : MITSCH, W.J. ; JORGENSEN S.E. *Ecological Engineering*. Ed. Wiley. N. York. 1989.
- WAUCHOPE, R. D. and LEONARD, R. A.. Maximum pesticide concentration in agricultural runoff: A semiempirical prediction formula. In : CANTER, Larry W. *Environmental impacts of agricultural production activities*. Lewis Publishers Inc. USA. 1986.
- WAUCHOPE, R. D. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields - A review. In : CANTER, Larry W. *Environmental impacts of agricultural production activities*. Lewis Publishers Inc. USA. 1986.