

MARIA LÚCIA BUFF D'APICE

ANÁLISE DOS CUSTOS DE PROCESSOS UTILIZADOS
NO CORTE, CARREGAMENTO E TRANSPORTE DA
CANA-DE-AÇÚCAR

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz» da
Universidade de São Paulo, para obten-
ção do título de «Magister Scientiae»
em Ciências Sociais Rurais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo
1969

A meus pais

Mario D'Apice e
Virginie Buff D'Apice

professôres universitários e incansáveis pesquisadores, que inspiraram com seus exemplos edificantes e amor à Ciência, cada passo de minha vida,

ao meu pai amantíssimo, já ausente, minha gratidão e saudade; à minha mãe, companheira e amiga de tôdas as horas, meu afeto.

Ao Prof. Dr. Alcides Guidetti Zagatto,

eminente Economista Rural, exemplo de Professor, sábio e modesto, nos so preclaro orientador até os der-
radeiros momentos de sua fecunda vida de Mestre Universitário, nossa como vida homenagem.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Érico da Rocha Nobre, chefe do Departamento de Economia da ESALQ pelo inapreciável estímulo, permanente amparo e sábios conselhos nos passos decisivos da elaboração dêste trabalho.

Ao Dr. Rodolfo Hoffmann que acompanhou e continuou diligentemente a orientação dêste trabalho. Atencioso e paciente nos conduziu em segurança pelos ásperos caminhos da pesquisa.

Ao Dr. Frederico Pimentel Gomes - professor catedrático da Cadeira de Matemática e Estatística da ESALQ, - a seu colaborador, Décio Barbin, e demais componentes de sua equipe pela imprescindível ajuda na análise estatística e processamento dos dados.

Aos Drs. Paulo Fernando Cidade de Araújo e Kelso L. Wessel pelas valiosas e oportunas sugestões na revisão do texto original.

Aos Eng^{os}. Agr^{os}. Rubens Araújo Dias e Pérsio de Carvalho Junqueira pela inestimável compreensão, pelo estímulo e ajuda, principalmente, nas fases finais do desenvolvimento dêste trabalho.

À Associação dos Fornecedores de Cana de Capivari e à Cooperativa dos Plantadores de Cana de Piracicaba, nas pessoas dos Eng^{os}. Agr^{os}. João Agripino Maia Sobrinho, Luiz Gonzaga Pacheco, dos senhores Donaldson Ferreira de Moraes e Juarez Stipp, e às fôrças produtoras da agro-indústria álcool-açucareira da região de Piracicaba, pelas facilidades colocadas a nossa disposição na coleta das informações básicas.

A Da. Elisa da Silva Peron pela competência com que perpassou a apresentação final dêste trabalho, conferindo-lhe o desejável aspecto gráfico.

À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que nos proporcionou condições financeiras para acompanhamento do Curso de Pós-Graduação e efetivação desta pesquisa, e, ao Convênio OSU/ESALQ-USAID/USP pela complementação material oferecida.

A citação nominal de tantos mestres e amigos que nos auxiliaram nas diversas fases dêste estudo, evidentemente, não envolve co-responsabilidade de nenhum dêles por eventual deficiência observada. Em contrapartida, se algo de útil fizemos para melhor conhecimento do assunto versado, isso sim, deve ser creditado, em grande parte, à conta daquêles que nos ajudaram na tarefa que nos impusemos. A êles, pois, os nossos agradecimentos.

Í N D I C E

	Pág.
LISTA DOS QUADROS	viii
LISTA DAS FIGURAS	xi
LISTA DOS APÊNDICES	xii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. Importância do Problema	2
1.1.1. A Agro-indústria canavieira no Brasil e no Estado de São Paulo	2
1.1.2. A colheita de cana-de-açúcar	6
1.2. Processos de colheita de cana-de-açúcar	10
1.2.1. Processos de corte	10
1.2.2. Processos de carregamento	11
1.2.3. Processos de transporte	12
1.3. Objetivos do trabalho	12
1.4. Área de estudo	13
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA	21
CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Informação básica	31
3.2. Definição de Variáveis	33
3.2.1. Toneladas líquidas	33
3.2.2. Custos de corte manual	33
3.2.3. Rendimento cultural dos sub-processos de cor- te manual	36
3.2.4. Custos de carregamento	36
3.2.5. Custos de transporte	44
3.3. Metodologia	50
3.3.1. Comparação entre processos de colheita	50
3.3.2. Fatores associados aos custos dos processos de colheita	57
3.4. Hipóteses de trabalho	63

	Pág.
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	65
4.1. Corte manual	66
4.1.1. Comparação entre sub-processos	66
4.1.2. Fatores associados aos custos unitários	72
4.2. Carregamento	77
4.2.1. Comparação entre processos	77
4.2.2. Rendimento físico de carregamento	80
4.2.3. Fatores associados aos custos unitários	80
4.2.4. Substituição entre processos	84
4.3. Corte manual e carregamento	87
4.4. Transporte	93
4.4.1. Comparação entre processos	93
4.4.2. Fatores associados aos custos unitários de trans- porte em caminhões alugados às empresas	95
4.4.3. Fatores associados aos custos médios por quilô- metro de transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas	98
4.4.4. Substituição entre processos	102
CAPÍTULO 5 - RESUMO E CONCLUSÕES	103
5.1. Resumo	104
5.2. Conclusões	109
5.2.1. Conclusões de natureza específica	109
5.2.2. Conclusões de natureza geral	111
5.3. Sugestões para futuras pesquisas	112
SUMMARY AND CONCLUSIONS	113
5.1. Summary	114
5.2. Conclusions	118
5.2.1. Specific conclusions	118
5.2.2. General conclusions	119
5.3. Suggestions for future research	120
BIBLIOGRAFIA	122

LISTA DOS QUADROS

	Pág.
1. Produção de açúcar e de álcool do Brasil. Safras 1956/57 a 1965/66	4
2. Cana moída, produção de açúcar e de álcool, do Estado de São Paulo. Safras 1956/57 a 1965/66	5
3. Custo médio ponderado de produção de cana industrial dos fornecedores cotistas do Estado de São Paulo. Safra 1966/67 .	7
4. Componentes do custo médio ponderado de produção de cana industrial dos fornecedores cotistas do Estado de São Paulo, Safra 1966/67	8
5. Cana moída, produção de açúcar e de álcool da "Zona Canavieira de Piracicaba", Estado de São Paulo, Safra 1965/66 ...	15
6. Valor da produção e área cultivada com os principais produtos agrícolas de origem vegetal no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1965	17
7. Classificação dos "fornecedores" de cana segundo o volume de produção entregue às usinas no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Safra 1965/66	18
8. Valor da produção e área cultivada com os principais produtos de origem vegetal nos Municípios de Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1965	19
9. Classificação dos "fornecedores" de cana segundo o volume de produção entregue às usinas nos Municípios de Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1965/66	20
10. Médias estimadas dos custos unitários dos sub-processos de corte manual	66
11. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos sub-processos de corte manual	69
12. Estimativa das médias ajustadas para os custos unitários dos sub-processos de corte manual	70

	Pág.
13. Significância, pelo teste Tukey, das estimativas dos contrastes entre as médias ajustadas de custos unitários dos sub-processos de corte manual	71
14. Análise da Variância para a função estimada de custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha"	72
15. Função estimada de custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha"	73
16. Análise da Variância para a função estimada de custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada"	75
17. Função estimada de custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada"	75
18. Médias estimadas dos custos unitários dos processos de carregamento	77
19. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos processos de carregamento	79
20. Análise da variância para a função estimada de custo unitário de carregamento mecânico	81
21. Função estimada de custo unitário de carregamento mecânico .	82
22. Médias estimadas dos custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento	88
23. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento	90
24. Estimativas das médias ajustadas para os custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento	91
25. Significância, pelo teste Tukey, das estimativas dos contrastes entre as médias ajustadas de custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento	92
26. Médias estimadas dos custos médios por quilômetro dos processos de transporte	94

27. Análise da variância para a comparação entre os custos médios por quilômetro dos processos de transporte	94
28. Análise da variância para a função estimada de custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas	95
29. Função estimada de custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas	96
30. Análise da variância para a função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados às empresas	99
31. Função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados às empresas	99
32. Análise da variância para a função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões pertencentes às empresas	100
33. Função estimada de custo médio por quilômetro de transporte em caminhões pertencentes às empresas	100

LISTA DAS FIGURAS

	Pág.
1. Curva ajustada ao custo unitário de corte manual de cana enfeixada na palha	74
2. Curva ajustada de custo unitário de carregamento mecânico	83
3. Linha ajustada de custo unitário de transporte da cana em caminhões alugados às empresas	97
4. Curvas ajustadas de custo médio por quilômetro de transporte da cana em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas	101

LISTA DOS APÊNDICES

	Pág.
1. Produção de Açúcar e de álcool nos municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	128
2. Cana moída proveniente da cultura própria de usinas e seus acionistas e de "fornecedores", Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	130
3. Volume total de produção das emprêsas canavieiras, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	132
4. Corte de cana-de-açúcar, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	134
5. Carregamento de cana-de-açúcar, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	138
6. Transporte de cana-de-açúcar, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	146
7. Volume de produção transportado por viagem, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67	154
8. Fórmulas utilizadas para obtenção dos parâmetros a_3 e b_3 do Modelo III	156

C A P Í T U L O 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Importância do problema

1.1.1 - A agro-indústria canavieira no Brasil e no Estado de São Paulo

A agro-indústria canavieira, implantada no Brasil, ocupou papel de destaque desde os primórdios da colonização, atuando como fator dinâmico na formação econômico-social do país.

A produção de cana, durante o século XVI, constituiu-se na principal atividade econômica - o chamado "ciclo do açúcar" - cujo objetivo primordial era o suprimento da demanda externa. A estrutura agrária fundamentava-se na grande propriedade rural, caracterizada pela monocultura extensiva e pelo trabalho escravo. Era o núcleo básico em que se assentou a organização social e econômica do Brasil-Colônia.

Os grandes centros produtores localizavam-se na faixa litorânea, especialmente na região compreendida entre os Estados da Paraíba e Sergipe, e, em menor escala, no Recôncavo Baiano, nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Até meados do século XVII, foi o Brasil o maior produtor mundial de açúcar. Entretanto, com a concorrência das Antilhas, houve quedas sensíveis na cotação internacional do produto e o mercado entrou em crise, trazendo, como resultado, a decadência da lavoura canavieira.

Ao contrário do que ocorria no período colonial, atualmente a produção canavieira visa a satisfazer a demanda doméstica de açúcar e álcool, que se encontra em constante expansão devido ao crescimento demográfico e à elevação da renda "per capita". Uma parcela menos significativa da

produção de açúcar é escoada para o mercado internacional.^{1/}

A importância da cultura canavieira para o país se faz sentir quando se considera que no valor total da produção de 50 produtos de origem vegetal, no ano agrícola de 1965 ocupou essa cultura o quarto lugar, concorrendo com 11,5%^{2/}. Essa porcentagem foi inferior, somente, às correspondentes ao valor da produção de café, milho e arroz, com participações respectivas de 15,9%, 12,5% e 12,4%.

Ademais, cumpre mencionar que a agro-indústria canavieira ocupa um milhão a um milhão e meio de trabalhadores, além de empregar uma mão-de-obra flutuante de, aproximadamente, oitocentos mil trabalhadores no período de safra.

A produção nacional de açúcar e de álcool apresenta uma tendência de crescimento, atingindo, durante a safra de 1965/66, um volume excepcional, graças a incentivos governamentais e a condições climáticas favoráveis (Quadro 1).

^{1/} O Brasil possui cota no mercado livre mundial. A partir de 1960, obteve licença provisória de exportação para o mercado preferencial norte-americano de 100 mil toneladas métricas. Em 1962, o país guindou-se a uma posição de destaque no comércio mundial do produto, quando conseguiu uma cota permanente no mercado preferencial, de 360 mil toneladas métricas.

^{2/} O valor da produção de 50 produtos de origem vegetal foi estimada em NCr\$ 5.020.674.839 para o ano agrícola de 1965 pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (23).

Quadro 1. Produção de açúcar e de álcool do Brasil. Safras 1956/57 a 1965/66

Safra	Açúcar (1000 sacas de 60 kg)	Álcool (kl)
1956/57	37.580,10	252.385,5
1957/58	44.377,64	398.816,9
1958/59	53.858,65	444.248,9
1959/60	50.864,05	472.044,6
1960/61	54.349,76	456.302,3
1961/62	56.364,95	427.520,8
1962/63	51.069,50	343.718,4
1963/64	51.645,20	390.997,7
1964/65	59.421,84	392.474,2
1965/66	75.982,12	593.170,0

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool.

Detinha a liderança do parque açucareiro nacional o Estado de Pernambuco. Durante a safra de 1943/44, o referido Estado participava com 36% da produção brasileira de açúcar, enquanto o Estado de São Paulo contribua com 19% e o do Rio de Janeiro com 13%^{3/}. Durante a 2ª Guerra Mundial, porém, a importância da agro-indústria canavieira paulista foi afirmando-se em vista das dificuldades de abastecimento do mercado da Região Centro-Sul pelo tradicional produtor, o Estado de Pernambuco. Ao mesmo tempo, o complexo econômico existente em São Paulo e o crescimento do mercado consumidor interno regional, proporcionaram condições favoráveis a partir da década dos cinquenta, para que o dito Estado se tornasse o maior produtor brasileiro de açúcar e de álcool.

^{3/} A produção brasileira de açúcar durante a safra de 1943/44 foi de 15.314,442 sacas de 60 quilos. ASSOCIAÇÃO DOS USINEIROS DE SÃO PAULO (3): 27-32.

Se fôr considerada a produção paulista de açúcar e álcool durante as safras de 1956/57 a 1965/66, verificar-se-á sua significativa participação na produção nacional, nunca inferior a 34% para o açúcar e a 37% para o álcool (Quadro 2).

Quadro 2. Cana moída, produção de açúcar e de álcool, do Estado de São Paulo. Safras 1956/57 a 1965/66.

Safra	Cana moída (t)	Açúcar (1000 sacas de 60 kg)	Participação Porcentual na Produção Brasileira	Álcool (kl)	Participação Porcentual na Produção Brasileira
1956/57	8.569.797	13.084,82	34,82	94.521,9	37,45
1957/58	12.026.771	17.975,25	40,50	192.731,2	48,32
1958/59	17.117.780	25.542,91	47,42	234.276,3	52,73
1959/60	14.326.680	20.902,58	41,09	247.893,4	52,51
1960/61	16.107.362	23.973,08	44,11	263.510,6	57,74
1961/62	15.173.634	23.608,19	41,88	216.511,8	50,64
1962/63	15.779.364	24.011,83	47,02	190.076,6	55,30
1963/64	16.343.708	23.319,04	45,15	251.199,3	64,24
1964/65	17.934.453	26.814,21	45,12	195.644,9	49,84
1965/66	27.946.878	42.089,18	55,39	401.134,6	67,62

Fonte: Instituto do Açúcar e do Álcool. Delegacia Regional em São Paulo.

Na safra de 1965/66, o Estado de São Paulo contava noventa e nove usinas em funcionamento, cujo rendimento industrial situava-se em torno de 93 quilos de açúcar por tonelada moída e com uma capacidade teórica de moagem instalada de 48,3 milhões de sacas de açúcar.

Contribui a cultura canavieira, também, com uma parcela ponderável na formação da renda bruta agrícola do Estado de São Paulo. Segundo estimativa do Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura

de São Paulo, em 1965 a cana-de-açúcar participou com 22% do valor da renda bruta estimada para vinte dos principais produtos de origem vegetal. Essa porcentagem foi inferior apenas àquela correspondente ao valor de café beneficiado.

1.1.2 - A colheita de cana-de-açúcar

Levando-se em consideração a importância da agro-indústria açucareira para o Brasil e, particularmente, para o Estado de São Paulo, torna-se inegável a necessidade de pesquisas que forneçam subsídios à análise dos problemas ligados a esse setor da atividade agrícola.

Afigurou-se, assim, de interesse realizar um trabalho cuja preocupação fundamental fôsse o estudo da colheita da cana^{4/} tendo por objetivo a comparação entre os custos dos diversos processos de corte, carregamento e transporte empregados e a identificação dos principais fatores que lhes são associados.

Este tema reveste-se de particular importância considerando que a colheita desempenha papel preponderante na determinação do custo agrícola de produção da cana-de-açúcar.

Em ETTORI et alii (11), a participação porcentual da colheita no custo médio ponderado para as empresas de fornecedores cotistas do Estado de São Paulo de diferentes tamanhos (processos de exploração a tração animal e motomecanizado) situou-se entre 21 e 26%^{5/}, conforme se encontravam incluídos ou não os encargos trabalhistas e/ou o Imposto de Circulação de Mercadorias (I.C.M.) (Quadro 3). Verifica-se, ainda, que essa

^{4/} A colheita foi definida como a fase que engloba as operações de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar da lavoura até a esteira das usinas.

^{5/} O custo médio verificado foi igual a NCr\$ 1,49 por tonelada para a operação de corte, NCr\$ 0,38 por tonelada para a de carregamento e NCr\$ 2,13 por tonelada para a de transporte em caminhões.

porcentagem foi superior às dos demais componentes do custo de produção de cana-de-açúcar, quando considerados isoladamente^{6/} (Quadro 4).

Quadro 3. Custo médio ponderado de produção de cana industrial dos fornecedores cotistas do Estado de São Paulo. Safra 1966/67.

Processo de exploração a tração animal e motomecanizado	Custo médio ponderado (N. Cr\$/t)		Participação Percentual da colheita	
	Sem I.C.M.	Com I.C.M.	Sem I.C.M.	Com I.C.M.
Com diária, sem encargos trabalhistas	15,30	18,00	26,14	22,22
Com diária, com encargos trabalhistas	15,92	18,73	25,12	21,36

Fonte: ETTORI et alii (11).

^{6/} Os componentes de custos considerados: (1^o) Custos financeiros: mão-de-obra (preparo do terreno, plantio e tratos culturais, corte, carregamento e transporte); insumos (mudas, fertilizantes, defensivos, combustível, lubrificantes, alimentos para animais de trabalho); reparos (equipamentos e instalações); custos fixos (reposição de capital fixo e juros sobre o Capital circulante) e despesas gerais; (2^o) Custos fiscais: impostos, taxas sociais e Imposto de Circulação de Mercadorias; (3^o) Retribuição aos fatores: terra, investimento e empresário.

Quadro 4. Componentes do custo médio ponderado de produção de cana industrial dos fornecedores cotistas do Estado de São Paulo, Saífra de 1966/67.

Componentes *	Participação percentual dos componentes de custo médio ponderado	
	Sem encargos legais	Com encargos legais
1. Despesas Diretas		
Mão-de-obra	22,61	24,99
Insumos	14,39	13,82
Reparos	5,89	5,65
Despesas Gerais	2,67	2,66
2. Despesas Indiretas		
Fixas	12,72	12,22
Retribuição aos fatores:		
terra	11,22	10,78
investimento	10,94	10,51
empresário	4,55	4,37
3. I.C.M.	15,00	15,00
Custo médio ponderado	100,00 (N Cr\$ 18,00/t)	100,00 (N Cr\$ 18,73/t)

* Os custos de corte, carregamento e transporte encontram-se distribuídos nos itens: mão-de-obra, reposição, juros sôbre investimentos, combustíveis e reparos.

Fonte: ETTORI et alii (11).

Considerando, ainda, o custo de produção estimado por tonelada de cana nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste pela FEDERAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO BRASIL (13), evidencia-se a influência significativa da colheita quando se constata que essa fase participou com 32,2% (sem I.C.M.)

e 26,7% (com I.C.M.) do custo total na região Centro-Sul^{7/} e com 29,1% (sem I.C.M.) e 24,1% (com I.C.M.) do custo total na região Norte-Nordeste^{8/}. As despesas de corte, carregamento e transporte se constituem, ainda aqui, como a parcela mais onerosa do custo final de produção^{9/}.

Pode-se concluir, então, que a colheita representa uma parcela ponderável na determinação do custo de produção de cana-de-açúcar, com participação percentual variando de 25,1% até 32,2% (quando excluído o I.C.M.). Essa porcentagem é superior a qualquer outra correspondente aos demais itens de custo, isoladamente considerados.

Torna-se, portanto, de interêsse a realização de uma pesquisa que, relacionando-se com esta fase de produção da matéria-prima, analise os aspectos econômicos na utilização dos diversos processos de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar.

Evidencia-se, também, a importância prática da análise, na medida em que possibilita avaliar a eficiência econômica na combinação dos recursos produtivos envolvidos na operação de colheita de cana. A partir desta avaliação o trabalho poderá fornecer subsídios para ser proposto, caso necessário, o uso mais adequado dos processos empregados nas operações de corte, carregamento e transporte.

7/ Os custos de corte e carregamento estimados foram de NCr\$ 3,14 por tonelada e de transporte em caminhão de NCr\$ 3,17, durante a safra de 1968/69.

8/ Os custos de corte e carregamento estimados foram de NCr\$ 3,59 por tonelada e de transporte em caminhão de NCr\$ 3,17 durante a safra de 1968/69.

9/ Os componentes de custo considerados foram as despesas referentes a: (1ª) mão-de-obra direta, adubos, fertilizantes, mudas, defesa sanitária, serviços mecanizados, serviços a tração animal, conservação, reparos e depreciações; (2ª) juros sobre o Capital financiado e de investimento; (3ª) margem de lucro; e (4ª) custo de circulação (transporte e Imposto de Circulação de Mercadorias).

1.2 - Processos de colheita de cana-de-açúcar

1.2.1 - Processos de corte

O corte de cana pode ser realizado através de dois processos: o manual e o mecânico.

1.2.1.1 - Processo manual. Constitui o processo manual aquê de uso mais difundido no Estado de São Paulo. Conforme as operações a serem realizadas para proceder ao corte da cana, têm-se os seguintes sub-processos de corte manual: o da cana "enfeixada na palha", o da cana "enfeixada queimada", o da cana "sôlta na palha" e o da cana "sôlta queimada".

O sub-processo de corte da cana "enfeixada na palha" é aquê no qual se procede à despalha manual dos colmos, seguida da operação de corte pròpriamente dita. Os colmos despalhados e cortados são, por sua vez, agrupados e amarrados em feixes de 12 a 18 unidades.

O sub-processo de corte da cana "enfeixada queimada", é aquê no qual a despalha dos colmos se realiza pela ação do fogo, procedendo-se em seguida as operações de corte e enfeixamento dos mesmos.

O sub-processo de corte da cana "sôlta na palha", é aquê no qual os colmos são despalhados e cortados manualmente, não se realizando a operação de enfeixamento.

O sub-processo de corte da cana "sôlta queimada" é aquê no qual os colmos são apenas cortados e a despalha dos mesmos é feita pelo fogo, sendo dispensada a operação de enfeixamento.

1.2.1.2 - Processo mecânico. O processo mecânico é aquêle em que o corte da cana prèviamente queimada se realiza através de colhedeiras especialmente construídas para êste fim. Dispõem as mesmas de dois discos que cortam os colmos nas suas extremidades inferior e superior e de cadeias controladas por um leme defletor que descarregam a cana nos veículos.

As atuais condições, entretanto, não têm favorecido o uso em larga escala dêsse processo uma vez que êle substitui a mão-de-obra por capital e é a mão-de-obra um fator mais abundante. Outras causas, também, contribuem para restringir a utilização dêsse processo no Estado de São Paulo, tais como: a necessidade da topografia regular do terreno e de variedades de cana com colmos uniformes e eretos.

Devido a sua limitada significação econômica o processo mecânico de corte não foi analisado no presente estudo.

1.2.2 - Processos de carregamento

O carregamento de cana pode ser realizado através de dois processos: o manual e o mecânico.

1.2.2.1 - Processo manual. O processo manual é aquêle em que o carregador coloca a cana anteriormente cortada nos veículos empregados para o transporte. Geralmente, no carregamento manual, a cana encontra-se "enfeixada".

1.2.2.2 - Processo mecânico. O processo mecânico é aquêle em que o carregamento se realiza através de carregadeiras montadas em tratores. A máquina é colocada, indiferentemente, na parte dianteira ou trazeira do trator. Dispõe a mesma de rastelo que amontoa a cana no terreno, de

garfo com cabo de arrocamento automático que apanha a cana e de braços articulados que deslocam o garfo no sentido desejado. É dispensável a operação de enfeixamento dos colmos, quando o carregamento é realizado mecânicamente.

A mão-de-obra necessária consiste, no caso, de um operador no comando do conjunto trator-carregadeira e um ou dois "catadores" cuja função é reunir a cana não apanhada pelo garfo da carregadeira.

1.2.3 - Processos de transporte

O transporte da cana da lavoura até a esteira da usina pode ser realizado em diversos tipos de veículo: carretas a tração mecânica, carroças a tração animal, vagões e caminhões. Contudo, o meio de transporte mais difundido, no Estado de São Paulo, é o caminhão. Por este motivo, será somente esse o veículo considerado para transporte da cana, sendo analisado em suas duas modalidades: transporte em caminhões alugados e transporte em caminhões pertencentes às empresas canavieiras.

1.3 - Objetivos do trabalho

O presente trabalho visa a atingir os seguintes objetivos: (1º) determinar os custos unitários dos sub-processos de corte manual da cana "enfeixada na palha", "enfeixada queimada", "sôlta na palha" e "sôlta queimada", (em cruzeiros novos por tonelada); (2º) determinar os custos unitários de carregamento manual e mecânico de cana-de-açúcar (em cruzeiros novos por tonelada); (3º) determinar os custos unitários de transporte da cana-de-açúcar em caminhões alugados e em caminhões pertencentes à empresa, (em cruzeiros novos por tonelada); (4º) determinar os custos médios por quilômetro percorrido entre a lavoura e a esteira da usina para o transporte de cana em caminhões alugados e em caminhões

pertencentes à empresa, (em cruzeiros novos por mil toneladas por quilômetro de viagem); (5ª) verificar a existência ou não de diferenças significativas entre os custos dos diversos processos utilizados nas operações de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar; (6ª) identificar os principais fatores associados aos custos dos processos empregados nas operações de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar e (7ª) indicar, finalmente, as possíveis vantagens de substituição entre os processos empregados na colheita de cana-de-açúcar.

1.4 - Área de estudo

A área escolhida para a coleta da informação básica do presente estudo foi a chamada "Zona Canavieira de Piracicaba", no Estado de São Paulo.

Essa Zona, delimitada segundo critérios do Instituto do Açúcar e do Alcool^{10/} compreende os municípios de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, Capivari, Raffard, Rio das Pedras, Cerquilha e Charqueada.

Em relação às demais "Zonas Canavieiras" do Estado de São Paulo, a de Piracicaba ocupa posição de destaque. Tomando-se como referência a safra de 1965/66, imediatamente anterior à considerada no presente trabalho, verifica-se que a Zona escolhida participou com, aproximadamente, 20% do total de toneladas de cana moída em São Paulo, dando origem a uma produção correspondente a 20% do total de sacas de açúcar e 18% do total de litros de álcool. Esses números representam ainda cerca de 11%

^{10/} A divisão do Estado de São Paulo em zonas com respectivos municípios produtores encontra-se especificada em ASSOCIAÇÃO DOS USINEIROS DE SÃO PAULO: (3) 94-99.

e 12% do total da produção brasileira, respectivamente, de açúcar e de álcool (Quadro 5).

Dentro dos limites geográficos dos municípios componentes da "Zona Canavieira de Piracicaba" encontram-se em funcionamento dezenove usinas que, durante a safra de 1965/66, obtiveram um rendimento industrial médio igual a 95 quilos de açúcar por tonelada de cana moída. Do volume total de toneladas de cana entregues às usinas, 42% foram provenientes de cultura própria e de acionistas das referidas usinas, sendo o restante produzido por "fornecedores"^{11/}. O rendimento agrícola médio da cultura própria das usinas nessa Zona situou-se em torno de 64 toneladas de cana por hectare cortado (Quadro 5).

^{11/} Segundo definição do Estatuto da Lavoura Canavieira (Decreto-Lei nº 2855, de 21/11/41), é considerado fornecedor "... todo o lavrador que, cultivando terras próprias ou alheias, haja fornecido cana-de-açúcar, diretamente ou por interposta pessoa, durante três ou mais safras consecutivas". No presente trabalho, entende-se como "fornecedor" todo aquele que entregou cana às usinas, independentemente do número de safras de fornecimento.

Quadro 5. Cana moída, produção de açúcar e de álcool da "Zona canavieira de Piracicaba", Estado de São Paulo, Safra 1965/66.

Município	Usina	Cana Moída (t)		Rendimento Agrícola da Cultura própria das Usinas (t/ha)	Produção		Rendimento Industrial (kg/t)
		Usina (*)	Fornecedor		Açúcar (1000 sacas de 60 kg)	Alcool (kl)	
Piracicaba	Costa Pinto	72.201	504.246	68,40	858,40	7.897,0	90,30
	Modêlo	63.322	98.878	60,00	261,08	1.943,8	97,52
	Monte Alegre	229.438	224.592	65,70	723,70	6.100,0	95,50
	Piracicaba	152.325	295.444	72,60	736,10	7.322,0	101,30
	Santo Antonio	45.109	30.733	68,20	126,87	-	100,30
		562.395	1.153.893	66,98	2.706,15	23.262,8	96,98
Santa Barbara d'Oeste	De Cillo	169.331	538.894	42,40	1.041,32	10.648,9	93,14
	Furlan	116.253	31.726	69,00	237,76	-	96,40
	Azanha	49.214	56.285	44,00	162,74	656,7	92,55
	Santa Barbara	223.985	158.535	58,74	587,16	5.271,0	92,09
		558.783	785.440	52,54	2.028,98	16.576,7	93,54
Capivari e Raffard	Bom Retiro	272.958	70.160	90,90	294,32	2.430,5	94,30
	Sta. Cruz S.A.	144.480	95.526	84,50	340,26	2.644,0	99,30
	São Bento	118.422	72.737	84,80	209,74	565,0	98,41
	Raffard	50.597	291.538	60,50	762,24	7.232,3	98,46
		586.457	529.961	80,17	1.606,56	12.871,8	97,62
Rio das Pedras	Bom Jesus	272.958	87.674	55,00	538,43	5.976,7	95,84
	São Jorge	144.480	44.170	52,10	305,22	2.114,0	98,60
	Santa Helena	118.422	215.770	66,30	534,61	2.417,3	95,90
	São José S.A.	50.597	31.699	53,80	127,03	1.200,0	95,50
		586.457	379.313	56,80	1.505,29	11.708,0	96,21
Charqueada	S. Francisco do Quilombo	117.629	308.249	62,00	589,85	7.170,9	87,90
Cerquilha	Santa Maria	51.028	53.700	58,70	158,85	-	90,50
TOTAL		2.462.749	3.210.556	64,09	8.595,68	71.590,2	95,41

(*) A cana moída das usinas compreende a produção proveniente da lavoura própria e da lavoura de acionistas do setor industrial das usinas.

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

Dada a semelhança das características fisiográficas e econômicas da produção canavieira dos municípios componentes da Zona em consideração^{12/}, o levantamento de dados ficou restrito às empresas canavieiras localizadas em Piracicaba, Capivari e Raffard, visto que atendiam aos objetivos propostos neste trabalho, englobando os mais difundidos processos empregados na colheita de cana-de-açúcar.

O Município de Piracicaba é o maior produtor da "Zona Canavieira" a que pertence, além de se situar entre os grandes e tradicionais municípios açucareiros do Estado de São Paulo.^{13/}

Considerando o período compreendido entre as safras de 1956/57 e 1965/66, verifica-se a significativa participação das usinas atualmente pertencentes ao Município de Piracicaba na produção paulista de açúcar e de álcool, nunca inferior a 5% e a 4%, respectivamente. (Apêndice 1 A)

No Município de Piracicaba, a área total cultivada com os principais produtos agrícolas, durante o ano de 1965, foi estimada em 57.180 hectares, dos quais cerca de 63% encontraram-se ocupados com cana e o restante distribuído entre outras culturas de menor significação econômica (Quadro 6). No valor total da produção gerada pelo setor agrícola, a cana-de-açúcar alcançou uma participação percentual de 78%, fato que demonstra o relevante papel desempenhado por esta cultura na economia do Município (Quadro 6).

^{12/} Conforme salientado por ENGLER, ZAGATTO e ARAÚJO (10): 11.

^{13/} Nas safras de 1964/65 e 1965/66, o Município de Barra Bonita, onde se encontra localizada a maior usina do Brasil, - Usina da Barra -, ultrapassou o volume de produção de açúcar e de álcool das usinas do Município de Piracicaba (vide em ASSOCIAÇÃO DOS USINEIROS DE SÃO PAULO (3): 89).

Quadro 6. Valor da produção e área cultivada com os principais produtos agrícolas de origem vegetal no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1965

Produto	Área Cultivada (ha)	Valor da Produção (1000 NGr\$)
Cana industrial	36.300	14.863,0
Milho	9.680	1.343,1
Produtos frutícolas	2.284	933,0
Algodão	2.178	651,0
Arroz	3.600	644,5
Feijão	2.541	248,8
Produtos hortigranjeiros	292	196,6
Café beneficiado	262	181,7
Batata	7	11,7
Amendoim	36	9,7
TOTAL	57.180	19.083,1

Fonte: Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura de São Paulo e Cooperativa Agrícola de Cotia.

Na safra de 1965/66, a lavoura própria das cinco usinas em funcionamento no Município de Piracicaba ocupava uma área total com cana de 8.590 hectares, havendo procedido no corte numa área igual a 7.306 hectares^{14/}. O rendimento industrial médio foi da ordem de 97 quilos de açúcar por tonelada moída e o rendimento agrícola médio da cultura própria das usinas situou-se em torno de 67 toneladas por hectare (Quadro 5).

^{14/} Dados fornecidos pelo Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

Durante a mesma safra, o restante da área de cana cortada - estimada por diferença em 28.994 hectares - encontrou-se distribuída entre 1.138 "fornecedores" que segundo o volume de toneladas entregues às usinas foram classificados em quatro estratos de produção (Quadro 7). A lavoura dos referidos "fornecedores" produziu 1.153.894 toneladas de cana, que representaram 67% do total de canas moídas no Município de Piracicaba naquela safra. (Quadro 7)

Quadro 7. Classificação dos "fornecedores" de cana segundo o volume de produção entregue às usinas no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Safra 1965/66.

Usina	Volume de Produção (t)				TOTAL
	de 100 a 499	de 500 a 1.499	de 1.500 a 2.999	3.000 e mais	
	(fornecedores)				
Costa Pinto	133	125	27	16	301
Modêlo	34	41	13	6	94
Monte Alegre	181	106	20	10	317
Piracicaba	216	144	34	10	404
Santo Antônio S.A.	7	8	6	1	22
TOTAL	571	424	100	43	1.138

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo. "Mapa de fornecedores".

Considerando o período compreendido entre as safras de 1956/57 e 1965/66, constatou-se que o volume de produção de cana entregue pelos "fornecedores", foi, geralmente, superior ao das usinas pertencentes ao Município de Piracicaba. A participação porcentual dos "fornecedores" no total de toneladas entregues às usinas variou de 46% a 76%, sendo inferior a 50% apenas nas safras de 1961/62, 1962/63 e 1964/65 (Apêndice 2 A).

Os Municípios de Capivari e Raffard se caracterizam por ser predominantemente voltados para a produção de cana, embora com uma participação porcentual na produção paulista menos significativa que a do Município de Piracicaba. Assim é que, no mesmo período (safras de 1956/57 a 1965/66), essa participação encontrou-se situada entre 4 e 10% com referência à produção de açúcar do Estado de São Paulo e entre 3 e 5% relativamente à produção de álcool (Apêndice 1 B).

Do total da área dos Municípios de Capivari e Raffard cultivada com os principais produtos agrícolas - estimada em 23.760 hectares - encontraram-se, aproximadamente, 85% ocupados com cana, durante o ano agrícola de 1965. Essa cultura contribuiu ainda com a significativa parcela de 96% do valor total da produção gerada pelo setor agrícola, relegando a plano secundário os demais produtos (Quadro 8).

Quadro 8. Valor da produção e área cultivada com os principais produtos de origem vegetal nos Municípios de Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1965.

Produto	Área Cultivada (ha)	Valor da Produção (1000 NCr\$)
Cana industrial	20.200	8.705,2
Arroz	750	167,8
Batata	70	94,8
Produtos frutícolas	49	38,0
Produtos hortigranjeiros	49	31,7
Café beneficiado	61	29,7
Algodão	65	11,1
Feijão	114	9,4
Milho	2.402	2,9
TOTAL	23.760	9.090,6

Fonte: Instituto de Economia Agrícola da Secretaria da Agricultura de São Paulo e Cooperativa Agrícola de Cotia.

Na safra de 1965/66, a lavoura própria das quatro usinas em funcionamento nos Municípios de Capivari e Raffard ocupava uma área total com cana de 7.613 hectares, havendo procedido ao corte numa área igual a 5.622 hectares^{15/}. O rendimento industrial médio verificado foi de, aproximadamente, 98 quilos de açúcar por tonelada moída e o rendimento agrícola médio da cultura própria das usinas foi da ordem de 80 toneladas líquidas por hectare (Quadro 5).

Durante a referida safra, a área restante de cana cortada, de ambos os Municípios estimada em 14.578 hectares distribuiu-se entre 509 "fornecedores" que, produzindo 529.962 toneladas, foram classificados em quatro estratos, segundo os respectivos volumes de produção entregue às usinas (Quadro 9).

Quadro 9. Classificação dos "fornecedores" de cana segundo o volume de produção entregue às usinas nos Municípios de Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1965/66.

Usina	Volume de Produção (t)				TOTAL
	de 100 a 499	de 500 a 1.499	de 1.500 a 2.999	3.000 e mais	
Bom Retiro	31	28	13	5	77
Santa Cruz S.A.	30	29	9	6	74
São Bento	28	20	4	6	58
Raffard	135	116	32	17	300
TOTAL	224	193	58	34	509

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo. "Mapa dos fornecedores".

No período compreendido entre as mesmas safras de 1956/57 a 1965/66, verificou-se que a participação dos "fornecedores" na produção de cana de ambos os Municípios foi mínima durante a safra de 1956/57 e máxima na safra de 1962/63 (Apêndice 2 B).

^{15/} Dados fornecidos pelo Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, são destacados, inicialmente, os estudos que, voltados para os problemas econômicos da cultura canavieira, puderam fornecer suporte para a abordagem inicial do presente trabalho, bem como para a orientação na metodologia adotada.

São êles os que seguem.

CESTA NETTO (7) forneceu sugestões para a mecanização da colheita de cana-de-açúcar. Utilizando dados de uma usina do Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, relativos às safras de 1958/59 e 1959/60, pôde verificar que: (a) o custo por tonelada para o corte e o carregamento mecânicos, excluídas as despesas de amortização e conservação da maquinaria, foi inferior ao do corte e carregamento manual, em cerca de 63% (safra 1958/59) e 55% (safra 1959/60); (b) a capacidade média da máquina para cortar e carregar cana foi estimada em 15 toneladas por hora; (c) com a supressão da operação de amarração da cana e com o carregamento mecânico subsequente houve uma diminuição de 28 a 30% em relação ao custo do corte da cana enfeixada e carregada manualmente; (d) a dispensa da operação de amarração da cana reduziu o total de tempo gasto no corte manual em, aproximadamente, 31%.

TÔRRES DE CARVALHO (33) indicou os problemas sócio-econômicos decorrentes da motomecanização no setor agrícola das usinas de cana-de-açúcar, na região de Piracicaba, Estado de São Paulo. Considerou que, do ponto de vista econômico, justifica-se a mecanização dessas unidades produtivas, devido ao aumento da produtividade física da mão-de-obra e à diminuição das despesas com a mesma. Do ponto de vista social, apontou como desvantagens da mecanização: (a) uma concentração indesejável da propriedade, fazendo com que as usinas continuem detendo 40% das melhores terras para o cultivo da cana-de-açúcar; (b) um desequilíbrio no mercado de trabalho com o desemprego parcial da mão-de-obra durante a entre-safra, fase esta em que há maiores possibilidades de mecanização.

TÓRRES DE CARVALHO (34) identificou problemas sócio-econômicos decorrentes da motomecanização nas unidades agrícolas de fornecedores de cana, na região de Piracicaba, Estado de São Paulo. Concluiu que: (a) a má distribuição da posse da terra restringe a mecanização a apenas 35% dos fornecedores da região; (b) a mecanização deveria ser introduzida a fim de contribuir para a concentração da propriedade de fornecedores visando ao equilíbrio entre área cultivada e fôrça-de-trabalho familiar, com um mínimo de assalariados.

AZZI (1) fêz considerações sôbre a eficiência do trabalho mecanizado na cultura canavieira, com base em dados colhidos em propriedades de fornecedores e usinas, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Tomando por referência as horas-homem gastas por hectare para o trabalho mecanizado e o não mecanizado durante as operações agrícolas, concluiu o autor que: (a) as operações não mecanizadas exigiram 11,5 vezes mais tempo que as mecanizadas; (b) a colheita mecânica realizada constituiu-se na operação mais eficiente, em termos de economia de tempo, com 248,7 horas-homem por hectare menos que a colheita manual; (c) o transporte com trator e carretas exigiu 2,1 horas-homem por hectare enquanto que o realizado em carroça e seis burros 142 horas-homem por hectare.

KALIL (19) estudou a mecanização da colheita de cana-de-açúcar tendo em vista o elevado custo dessa operação quando realizada manualmente. Considerando u'a máquina colhedeira-carregadeira de fabricação nacional, passou a: (a) descrever as características técnicas da máquina e as funções por ela desempenhadas, isto é, corte inferior e superior do colmo, acumulação da cana em um depósito e carregamento no veículo utilizado para o transporte da cana até a usina; (b) destacar as variedades mais indicadas para o corte e carregamento mecânico: caracterizadas por colmos eretos, altura uniforme, espessura e resistência média

e pequena quantidade de palhas; (c) enumerar as exigências culturais para a mecanização da colheita. Foi estimado a seguir o custo da colheita da cana manual e mecânica. Concluiu o trabalho que a partir de 300 horas anuais de uso da máquina, o corte e o carregamento mecânicos passaram a ser mais econômicos que as operações manualmente realizadas, em propriedades com terrenos planos ou levemente ondulados.

SAAD (31) considerou os problemas ligados ao transporte de cana-de-açúcar, analisando os aspectos agrícolas, mecânicos, dinâmicos e econômicos referentes a carretas tracionadas por trator. Através de estimativa do custo fixo e variável para o transporte realizado em caminhão, com trator e carretas, e em carroção a tração animal, concluiu o trabalho que: (a) o custo de transporte com trator e carretas foi inferior aos dos demais tipos considerados; (b) o transporte em caminhão apresenta a vantagem da maior rapidez; (c) o transporte em carroção a tração animal caracterizou-se pelo seu alto custo e morosidade, sendo mais apropriado em terrenos com irregularidades topográficas acentuadas.

OLIVEIRA (24) considerando a importância do corte de cana-de-açúcar, salientou a necessidade de coincidir essa operação com a época de maturação da cana. Deu ênfase aos fatores que governam a maturação da cana, (variedade, clima e solo) e aos processos utilizados em sua determinação. Verificou o trabalho que: (a) a despalha pelo fogo é inconveniente, tanto do ponto de vista agrícola como do industrial, podendo ser utilizada quando inexistir suficiente disponibilidade de mão-de-obra e/ou seu custo fôr elevado; (b) o rendimento físico do corte manual varia em função da variedade da cana, do tipo de despalha e da capacidade individual do cortador; (c) o rendimento do corte mecânico pode ser estimado em 150 toneladas por dia, substituindo a máquina o trabalho de 100 cortadores, mas trazendo, em contrapartida, as desvantagens de exigir uma topografia regular do terreno e certas variedades de cana de altura uniforme e colmos eretos.

OMETTO (25) salientou a importância das despesas com o corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar na determinação do custo total de produção. Com base em dados colhidos em uma usina do Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, verificou o autor que: (a) a máquina substitui o trabalho de 100 cortadores; (b) o corte manual com cana amarrada é mais oneroso que aquele realizado com cana solta, exigindo esse último 30% menos tempo que o primeiro; (c) a carregadeira mecânica, com capacidade média de carregar 200 toneladas por dia, traz a vantagem de dispensar a operação de enfeixamento e de ser de fácil manutenção; (d) o custo estimado para o transporte de cana em caminhão foi inferior àquêlê efetuado com trator e carretas, quando considerados somente os gastos relativos à época de safra; (e) as vantagens na utilização do transporte de cana em caminhão serão tanto maiores quanto maior fôr o percurso; (f) o aumento do número de carretas por trator e a utilização do trator em outras atividades na entre-safra reduz o custo de transporte; (g) a escolha do tipo de transporte a ser utilizado deve depender, também, da topografia do terreno, da área cultivada, das estradas existentes, da distância a ser percorrida e da mão-de-obra disponível na propriedade.

JUNQUEIRA (18) estimou o custo de produção e a renda da cultura de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo, nas safras de 1962/63 e 1963/64, em uma empresa hipotética com 384,2 hectares cultivados em cana e produtividade média igual a 57 toneladas por hectare. Através desse trabalho verificou-se que, na média dos três cortes, a colheita participou com 57% das despesas diretas estimadas por alqueire, durante a safra de 1962/63, e com 64% na safra de 1963/64.

MELLO MORAIS FILHO (22) determinou o custo de produção, a renda bruta, a renda líquida, bem como a remuneração dos fatores na cultura de cana-de-açúcar para os fornecedores do Município de Piracicaba, Estado de

São Paulo, safra de 1963/64. A partir de uma amostra de 122 propriedades subdividida em quatro estratos, conforme o volume de produção entregue às usinas (de 100 a 500 toneladas; de 500 a 1.500; de 1.500 a 3.000 e mais de 3.000) pôde inferir que: (a) não houve economia de escala, registrando-se custo menor em estratos de menor área; (b) as despesas diretas tiveram uma participação porcentual de 78 a 90% relativamente ao custo total, sendo mais elevadas em estratos de maior produção; (c) as despesas gerais foram proporcionalmente maiores nos dois estratos de menor produção, variando entre 2 e 10% do custo total por alqueire; (d) o juro sobre o capital de exploração teve uma maior significação nos dois estratos de menor produção, variando entre 9 e 12% do custo total por alqueire; (e) a renda bruta por alqueire foi mais elevada para os estratos intermediários, devido a melhores índices de produtividade física registrados pelos mesmos; (f) a renda líquida não chegou a representar 14% da renda bruta, com exceção do segundo estrato, quando a porcentagem correspondente foi igual a 38%.

ENGLER, ZAGATTO e ARAÚJO (10) determinaram as curvas de custo variável médio da lavoura canavieira em propriedades de fornecedores exploradas por conta própria e por conta alheia, no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, safra 1963/64. As funções de custo variável médio foram obtidas a partir do modelo utilizado por POWELL et alii (29) e expresso sob a forma:

$$CVM_e = a + b_1 x_1 + b_2 x_1^2 + b_3 x_2 + b_4 x_2^2$$

onde:

CVM_e = estimativa do custo variável médio, em cruzeiros por tonelada de cana;

x_1 = rendimento cultural, em toneladas de cana por alqueire;

x_2 = área cultivada, em alqueires (2,42 ha).

Com base numa amostra de 111 agricultores sorteados ao acaso, os autores inferiram que: (a) a curto prazo, o custo foi mínimo com um rendimento cultural de 138 toneladas por alqueire para propriedades administradas por conta própria, e de 168 toneladas por alqueire para as exploradas por conta alheia; (b) os fornecedores que obtiveram um rendimento cultural inferior a 73 toneladas por alqueire nas explorações por conta própria e a 60 toneladas por alqueire nas explorações por conta alheia não cobriram seu custo variável médio; (c) o rendimento cultural se encontrou, na média, em nível inferior ao rendimento "ótimo" para ambos os tipos de exploração. Não foi possível determinar o tamanho "ótimo" da exploração canavieira.

VAZ (35) comparou estimativas de custo para a capina de cana-de-açúcar a tração animal e a tração mecanizada, na região Nordeste do Brasil. Admitindo que o tempo gasto pelo trator para realizar a operação fôsse de 2,5 horas por hectare e no caso da tração animal de 16 horas por hectare, verificou o autor que: (a) o emprêgo da tração animal na capina de cana-de-açúcar foi economicamente vantajoso; (b) a tração animal exige menores investimentos, pode ser usada em canaviais em estágio mais desenvolvido de crescimento e fornece maior possibilidade de emprêgo à mão-de-obra.

ERTORI et alii (11) determinaram o custo de produção da cana industrial, durante a safra de 1966/67, com base em uma amostra de oitenta fornecedores cotistas do Estado de São Paulo. Inferiram que: (a) para o processo de exploração a tração animal, o custo médio mínimo ocorreu a um nível de produção igual a 1,3 mil toneladas; (b) para o processo de exploração motomecanizado, o custo médio mínimo ocorreu a um nível de produção igual a 13 mil toneladas; (c) as médias dos custos das operações de corte, carregamento e transporte foram iguais, a NCr\$ 1,49, NCr\$ 0,38 e NCr\$ 2,13 por tonelada, respectivamente.

A FEDERAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO BRASIL (13) estimou o custo de produção de cana-de-açúcar a vigorar durante a safra de 1968/69, em NCr\$ 23,64 por tonelada para a região Centro-Sul e em NCr\$ 28,04 por tonelada para a região Norte-Nordeste. Através desse levantamento, constatou-se que a colheita participou com 26% do custo total na região Centro-Sul e com 24% na região Norte-Nordeste. Essa participação é superior às correspondentes a qualquer item de custo considerado isoladamente, como se verifica no quadro a seguir:

Componentes de custo	Participação percentual dos componentes do custo de produção de cana	
	Região Centro-Sul	Região Norte-Nordeste
- Corte e Carregamento	13,29	12,81
- Mão-de-obra direta e encargos sociais	15,11	22,80
- Adubos e Fertilizantes	8,55	8,57
- Mudanças, defesa sanitária, serviços mecanizados e a tração animal, conservação, reparos e depreciações	9,16	5,36
- Encargos diversos	7,90	7,74
- Administração	1,45	1,23
- Juros de capital financiado e de investimento	3,34	4,09
- Renda da terra	5,22	4,40
- Margem de lucro	5,55	4,68
- Custo de Circulação:		
Transporte	13,43	11,32
I.C.M.	17,00	17,00
Custo unitário	100,00% (NCr\$ 23,64/t)	100,00% (NCr\$ 28,04/t)

Não se tem notícia de trabalhos que dêem tratamento estatístico à análise dos fatores associados ao custo de transporte de cana. Procurou-se contornar essa limitação levando em consideração estudos que, podendo ser julgados de interesse para o presente trabalho, contivessem referências sobre o assunto. Com esse objetivo, destacaram-se aqui dois trabalhos sobre o custo do transporte de leite, guardando-se, porém, as devidas restrições para o caso por se tratar de outro produto que não a cana-de-açúcar.

KERCHNER (20) estimou o custo de transporte de leite para três regiões dos Estados Unidos (Leste, Meio-Oeste e Oeste) e o custo combinado das três regiões. Verificou que: (a) o custo médio de transporte tende a se elevar linearmente com o aumento da distância percorrida; (b) o custo de transporte por unidade de volume e por milha decresce com o aumento da distância percorrida;

ROCHA (30) determinou o custo de beneficiamento e de transporte de leite de dezoito usinas, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Em relação ao transporte o autor verificou que: (a) os custos de transporte de leite do produtor até as usinas (NCr\$/l e NCr\$/1000 l/km) variaram em função da distância percorrida, do volume de leite transportado e das condições das estradas; (b) os custos de transporte de leite da usina ao entrepôsto do Rio de Janeiro (NCr\$/l e NCr\$/1000 l/km) em caminhões alugados e próprios às usinas variaram em função do número de veículos, da distância e do volume transportado.

C A P Í T U L O 3

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Informação básica

A informação básica para o presente trabalho foi obtida em emprêsas canavieiras localizadas nos municípios de Capivarí, Piracicaba e Raffard, da "Zona Canavieira de Piracicaba", Estado de São Paulo, e refere-se à safra de 1966/67.

Atendendo aos objetivos propostos neste estudo, considerou-se a produção canavieira das emprêsas tanto de propriedade das usinas como de propriedade dos "fornecedores" de cana.

Incluiu-se no levantamento o volume de toneladas moídas proveniente da cultura própria das usinas em funcionamento no Município de Piracicaba. A produção de cada usina distribuía-se em duas ou mais propriedades diferentes, mas a contabilidade do setor agrícola encontrava-se reunida em escritório central da usina com administração unificada^{16/}.

As informações referentes à produção de cana oriunda da cultura de "fornecedores" foram coletadas em 32 emprêsas, sendo 16 localizadas no Município de Piracicaba e as restantes nos Municípios de Capivari e Raffard.

As emprêsas canavieiras de propriedade de "fornecedores" do Município de Piracicaba foram sorteadas ao acaso a partir da "população" existente durante a safra de 1965/66, imediatamente anterior à considerada no estudo. A relação nominal da "população" de "fornecedores" foi obtida através do "Mapa dos fornecedores"^{17/} das usinas em operação no município, na safra de 1965/66.

^{16/} Apenas uma das cinco usinas esteve impossibilitada de fornecer dados, visto que a administração do setor agrícola se encontrava descentralizada, provindo a produção de cana da cultura dos acionistas do setor industrial.

^{17/} Este mapa é fornecido pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, Delegacia Regional em São Paulo.

As empresas canavieiras de propriedade dos "fornecedores", localizadas nos Municípios de Capivari e Raffard, foram incluídas intencionalmente no levantamento sem haver necessidade de sorteio. Tais empresas constituíam a "população" de "fornecedores" da "Zona Canavieira de Piracicaba" que utilizavam o processo mecânico de carregamento de cana-de-açúcar^{18/}.

Para a coleta de dados, realizaram-se entrevistas diretas com as empresas canavieiras abrangidas na análise, mediante o preenchimento de um questionário previamente testado e aprovado.

A realização do levantamento estendeu-se de março a agosto de 1967, referindo-se à safra de 1966/67, e sob a responsabilidade direta do autor. Na coleta de dados dispenderam-se em média quatro horas em propriedades de "fornecedores" e aproximadamente 25 dias em cada uma das usinas.

A produção de cana das empresas localizadas no Município de Piracicaba abrangida no levantamento (usinas e "fornecedores") correspondeu a 29% do total de 1.215.173 toneladas moídas no município durante a safra de 1966/67^{19/}. Nos Municípios de Capivari e Raffard, a produção das empresas consideradas (fornecedores) - igual a 103.605 toneladas moídas - representou 25% da produção de cana proveniente da lavoura de "fornecedores" moída nas usinas daqueles municípios, na safra de 1966/67 (Apêndice 3).

^{18/} Na "Zona Canavieira de Piracicaba", o processo de carregamento mecânico, embora utilizado na maioria das usinas, não era empregado por "fornecedores", exceto aqueles dos Municípios de Capivari e Raffard.

^{19/} Posição final da safra 1966/67 fornecida pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, Delegacia Regional em São Paulo.

3.2 - Definição de Variáveis

3.2.1 - Toneladas líquidas

Como toneladas líquidas (T), considerou-se o volume de produção entregue à esteira das usinas menos os descontos de peso efetuados.

No caso da cana enfeixada, o desconto se referiu ao peso do amarrilho que envolve o feixe de cana; o desconto relativo à cana cortada queimada deveu-se à diminuição prevista no teor de sacarose; e o desconto relativo à cana cortada solta se referiu ao peso de materiais estranhos introduzidos nos caminhões junto à cana, como consequência do carregamento mecânico.

A porcentagem desses descontos sobre a produção bruta varia também de acordo com a usina. Cumpre mencionar ainda que a receita bruta auferida pelas empresas canavieiras refere-se ao volume de toneladas líquidas de cana entregues às usinas.

3.2.2 - Custos de corte manual

Como custos unitários dos sub-processos de corte manual, consideraram-se as despesas diretas^{20/} realizadas por tonelada líquida de cana cortada.

A mão-de-obra utilizada no corte manual é empreitada, sendo as despesas diretas pagas em função do número de centos de feixes ou de "metros lineares" da cana cortada.

^{20/} As despesas diretas de corte se referem apenas àquelas decorrentes do pagamento da mão-de-obra diretamente responsável pelo corte de cana.

No caso da empresa possuir contabilidade, determinaram-se os custos unitários dos sub-processos de corte através do quociente entre o total das despesas diretas e o total de toneladas líquidas cortadas para cada um dos sub-processos.

Nos demais casos, para uniformizar a unidade de medida, converteram-se os dados originais no custo por tonelada líquida. Os critérios de conversão adotados são descritos a seguir e os resultados obtidos encontram-se no Apêndice 4 A.

Custo Unitário de Corte da Cana Enfeixada na Palha

O custo unitário de corte da cana enfeixada na palha foi determinado através do quociente:

$$C_{ep} = \frac{P_{ep} \cdot \bar{Q}_{ep}}{100}$$

onde:

C_{ep} = custo unitário de corte da cana enfeixada na palha, em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

P_{ep} = preço pago por cento de feixes da cana cortada na palha, em cruzeiros novos;

\bar{Q}_{ep} = número médio de feixes da cana cortada na palha, por tonelada líquida.

Custo Unitário de Corte da Cana Enfeixada Queimada

O custo unitário de corte da cana enfeixada queimada foi determinado através do quociente:

$$C_{eq} = \frac{P_{eq} \cdot \bar{Q}_{eq}}{100}$$

onde:

C_{eq} = custo unitário de corte da cana enfeixada queimada, em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

P_{eq} = preço pago por cento de feixes da cana cortada queimada, em cruzeiros novos;

\bar{Q}_{eq} = número médio de feixes da cana cortada queimada, por tonelada líquida.

Custo Unitário de Corte da Cana Sôlta na Palha

O custo unitário de corte da cana sôlta na palha foi obtido pelo produto:

$$C_{sp} = P_{sp} \cdot \bar{Q}_{sp}$$

onde:

C_{sp} = custo unitário de corte da cana sôlta na palha, em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

P_{sp} = preço pago por metro linear da cana cortada na palha, em cruzeiros novos;

\bar{Q}_{sp} = número médio de metros lineares da cana cortada na palha, por tonelada líquida.

Custo Unitário de Corte da Cana Sôlta Queimada

O custo unitário de corte da cana sôlta queimada foi obtido pelo produto:

$$C_{sq} = P_{sq} \cdot \bar{Q}_{sq}$$

onde:

C_{sq} = custo unitário de corte da cana sôlta queimada, em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

P_{sq} = preço pago por metro linear da cana cortada queimada, em cruzeiros novos;

\bar{Q}_{sq} = número médio de metros lineares da cana cortada queimada, por tonelada líquida.

3.2.3 - Rendimento cultural dos sub-processos de corte manual

Considerou-se como rendimento cultural, o total de toneladas líquidas cortadas por hectare. Na análise, utilizar-se-ão os rendimentos referentes aos sub-processos de corte manual, da cana enfeixada na palha (X_1) e da sôlta queimada (X_2) (Apêndice 4 C).

3.2.4 - Custos de carregamento

3.2.4.1 - Custo de carregamento manual

Custo unitário

Como custo unitário de carregamento manual (C_{ma}), considerou-se a despesa realizada em cada empresa por tonelada líquida de cana carregada manualmente nos meios de transporte.

Na maioria das empresas canavieiras, a mão-de-obra empregada no carregamento manual trabalhava no sistema de empreitada e a remuneração se realizava em função do número de caminhões carregados, dos dias efetivos de serviço gastos ou por tonelada de cana carregada. No caso da mão-de-obra ser fixa, a forma de remuneração adotada correspondeu ao pagamento de um salário mensal mais encargos sociais durante o período de safra.

Os critérios utilizados para a conversão dos dados originais no custo por tonelada líquida carregada manualmente passam a ser descritos a seguir e os resultados obtidos são apresentados no Apêndice 5 A.

Quando as despesas de carregamento manual foram fixadas em relação ao número de caminhões carregados, o custo unitário foi determinado através do quociente:

$$C_{ma} = \frac{V \cdot P_v}{T_{ma}}$$

onde:

C_{ma} = custo unitário de carregamento manual, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

V = número total de viagens realizadas pelos caminhões, durante o período de safra;

P_v = preço pago por viagem para o carregamento manual, em cruzeiros novos;

T_{ma} = volume de produção carregada manualmente, em toneladas líquidas.

Quando as despesas de carregamento manual foram fixadas em relação aos dias efetivos de serviço da mão-de-obra, o custo unitário foi determinado através do quociente:

$$C_{ma} = \frac{HD \cdot P_d}{T_{ma}}$$

onde:

HD = homens-dias efetivos de carregamento manual;

P_d = preço pago por dia efetivo de serviço, em cruzeiros novos por homem-dia.

Quando as despesas de carregamento manual foram fixadas em relação ao salário mensal e encargos sociais pagos no período da safra, o custo unitário foi determinado através do quociente:

$$C_{ma} = \frac{S}{T_{ma}}$$

onde:

S = soma dos salários e encargos sociais pagos à mão-de-obra empregada no carregamento manual durante a safra, em cruzeiros novos.

Custo unitário ponderado

Como custo unitário ponderado de carregamento manual (CP_{ma}), considerou-se o quociente entre a soma dos custos totais de carregamento manual das empresas canavieiras abrangidas no levantamento e a soma das respectivas toneladas líquidas carregadas através desse processo. (Apêndice 5A). Assim sendo, determinou-se:

$$CP_{ma} = \frac{\sum CP_{ma}}{\sum T_{ma}}$$

onde:

CP_{ma} = custo unitário ponderado de carregamento manual, em cruzeiros novos por tonelada líquida;

CP_{ma} = custo total de carregamento manual por empresa, em cruzeiros novos.

3.2.4.2 - Custo de carregamento mecânico

O custo de carregamento mecânico compreendeu os custos fixo e variável verificados para efetuar essa operação.

Como custo fixo, considerou-se a soma dos valores de depreciação e de juro do capital investido nas máquinas utilizadas para o carregamento mecânico: - o conjunto trator-carregadeira. As despesas com alojamento e seguro foram excluídas da composição do custo fixo, pois devido a sua participação diminuta, sua inclusão não conduziria a alterações sensíveis no grau de associação das variáveis destacadas na análise.

Como custo variável, considerou-se a soma das despesas com combustível, lubrificante e reparos e dos salários pagos à mão-de-obra empregada no carregamento mecânico.

Custo fixo - Critérios de determinação

Tendo em vista a possibilidade de usos alternativos do trator na entressafra, tornou-se necessário calcular a parcela do custo fixo anual da máquina, incidente sobre a operação de carregamento. Esta parcela é aqui denominada de custo fixo safra.

Uma vez que a carregadeira mecânica não é utilizada em outras atividades na entre-safra, o seu custo fixo anual é igual ao seu custo fixo safra.

O método utilizado para estimar a depreciação anual do trator e da carregadeira foi o linear. Devido à inflação, a cota anual de depreciação não foi obtida a partir do custo inicial das máquinas. Determinou-se a depreciação através do quociente entre a estimativa do valor atual de revenda e o número de anos de vida útil provável, admitindo um valor final nulo.

A taxa de juro estabelecida foi de 12% ao ano sobre a estimativa do valor atual de revenda das máquinas da empresa^{21/}.

Custos fixos anuais do trator e da carregadeira

Os custos fixos anuais relativos ao trator (CF_t) e à carregadeira (CF_o) utilizados para o carregamento mecânico na empresa foram determinados pelas seguintes expressões:

$$CF_t = \frac{M_t}{A_t} + (M_t \cdot 0,12)$$

e

$$CF_o = \frac{M_c}{A_c} + (M_o \cdot 0,12)$$

onde:

CF_t = custo fixo anual do trator utilizado no carregamento mecânico, em cruzeiros novos;

^{21/} A escolha dessa taxa de juros foi feita com base no que determina a Circular nº 120 do Banco Central do Brasil, que estipula o juro de 12% por ano para as operações de crédito rural.

M_t = estimativa do valor atual de revenda do trator, em cruzeiros novos;

A_t = anos de vida útil provável do trator;

CF_o = custo fixo anual da carregadeira utilizada no carregamento mecânico, em cruzeiros novos;

M_o = estimativa do valor atual de revenda da carregadeira, em cruzeiros novos;

A_o = anos de vida útil provável da carregadeira.

Em empresas canavieiras onde o carregamento mecânico se realizou através da utilização de mais de um conjunto de máquinas foram somados os custos fixos anuais dos tratores e das carregadeiras pertencentes à empresa (Apêndice 5 B).

Custo fixo safra

Como custo fixo safra de carregamento mecânico da empresa (CFS_{me}), considerou-se a soma da parcela do custo fixo anual do trator incidente sobre esta operação (CFS_t), com o custo fixo safra (CFS_o) da carregadeira (Apêndice 5 C).

A parcela do custo fixo do trator incidente sobre o carregamento mecânico (CFS_t) quando esse era utilizado em outras atividades na entre-safra, foi obtida através do quociente:

$$CFS_t = \frac{CF_t \cdot H_s}{H}$$

onde:

CFS_t = custo fixo safra do(s) trator(es) durante o período de utilização no carregamento mecânico, por empresa, em cruzeiros novos;

H_s = horas totais efetivas utilizadas no carregamento mecânico, por empresa;

H = horas totais de uso anual do(s) trator(es), por empresa (safra e entre-safra).

Assim, obtém-se o custo fixo safra através da soma:

$$CFS_{me} = CFS_t + CFS_c$$

onde:

CFS_{me} = custo fixo safra de carregamento mecânico, por empresa, em cruzeiros novos.

Custo variável

Como custo variável de carregamento mecânico da empresa (CV_{me}), considerou-se a soma das despesas com combustível, lubrificantes, reparos e mão-de-obra, realizadas para efetuar essa operação (Apêndice 5 D).

O combustível e o lubrificante consumidos pelo conjunto trator-carregadeira compreenderam os itens relativos a óleo diesel, gasolina, óleo hidráulico e graxa. Foram determinadas as quantidades, em litros ou quilos, efetivamente consumidas durante o carregamento mecânico, e os respectivos preços pagos pelas empresas. O valor total desembolsado com êsses itens em cada empresa foi obtido através da soma dos produtos das quantidades efetivamente consumidas durante a operação pelas respectivas médias dos preços pagos.

As despesas relativas aos reparos incluíram os gastos de conservação e manutenção da maquinaria utilizada no carregamento. Foram elas decorrentes da reposição de peças em geral e do pagamento à mão-de-obra especializada.

As despesas relativas à mão-de-obra necessária ao carregamento mecânico corresponderam ao pagamento da mão-de-obra qualificada e da não qualificada. A retribuição à mão-de-obra qualificada - correspondente ao operador do conjunto - realizou-se através do pagamento de um salário mensal mais os encargos sociais, pagos no período de safra. Em empresas onde a mão-de-obra qualificada era familiar, atribuiu-se uma remuneração relativa aos meses de safra e igual à despesa mensal média paga em propriedades com mão-de-obra não familiar. A retribuição à mão-de-obra não qualificada - correspondente a um ou dois "catadores de cana" - realizou-se através do pagamento de salário mensal mais encargos sociais ou do pagamento por dia efetivo no serviço.

Custo unitário

Considerou-se como custo unitário de carregamento mecânico na empresa (C_{me}), o quociente entre a soma do custo fixo safra com o custo variável e o número de toneladas líquidas carregadas mecanicamente (Apêndice 5 D). Assim, temos:

$$C_{me} = \frac{CFS_{me} + CV_{me}}{T_{me}}$$

onde:

C_{me} = custo unitário de carregamento mecânico por empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

T_{me} = volume de produção carregada mecanicamente na empresa, em toneladas líquidas;

CV_{me} = custo variável de carregamento mecânico por empresa, em cruzeiros novos.

Custo variável unitário ponderado

Como custo variável unitário ponderado de carregamento mecânico (CVP_{me}) considerou-se o quociente entre a soma dos custos variáveis de carregamento mecânico das empresas canavieiras abrangidas no levantamento e a soma das respectivas toneladas líquidas carregadas através desse processo (Apêndice 5 D).

$$CVP_{me} = \frac{\sum CV_{me}}{\sum T_{me}}$$

onde:

CVP_{me} = custo variável unitário ponderado de carregamento mecânico, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada.

3.2.5 - Custos de transporte

3.2.5.1 - Custo de transporte em caminhões alugados às empresas

Custo unitário

Como custo unitário de transporte de cana em caminhões alugados (C_{ta}), considerou-se as despesas verificadas por tonelada líquida de cana transportada (Apêndice 6 A). A remuneração do serviço prestado foi estabelecida por empreitada, sendo o pagamento realizado por tonelada transportada.

Cumprir notar que quando se tratava de transporte de cana enfeixada, o custo unitário de transporte encontrava-se associado ao custo unitário de

carregamento manual. Também, determinou-se em u'a mesma emprêsa, diferentes distâncias a percorrer, decorrentes de diferenças de localização da lavoura na propriedade e/ou da entrega da produção a duas ou mais usinas. Desta forma, obtiveram-se diferentes custos unitários de transporte em caminhões alugados em u'a mesma emprêsa.

Custo médio por quilômetro

O custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões alugados (CM_{ta}), foi determinado através do quociente: (Apêndice 6 A)

$$CM_{ta} = \frac{C_{ta}}{K_{ta}} \cdot 1000$$

onde:

CM_{ta} = custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões alugados à emprêsa, em cruzeiros novos por mil toneladas por quilômetro rodado;

C_{ta} = custo unitário de transporte de cana em caminhões alugados à emprêsa, em cruzeiros novos por tonelada líquida transportada;

K_{ta} = distância percorrida por viagem em caminhões alugados à emprêsa, em quilômetros rodados (ida e volta).

3.2.5.2 - Custo de transporte em caminhões pertencentes às emprêsas

O custo de transporte de cana em caminhões de propriedade das emprêsas consideradas compreendeu os custos fixo e variável, verificados para efetuar essa operação.

Similarmente ao carregamento mecânico, considerou-se como custo fixo, a soma dos valores de depreciação e de juro do capital investido nos veículos utilizados no transporte de cana (caminhões). Não foram consideradas, também aqui, as despesas relativas ao seguro e alojamento.

Como custo variável, considerou-se a soma das despesas com combustível, lubrificante e reparos relativas aos veículos e dos salários pagos à mão-de-obra empregada no transporte.

Custo fixo - Critérios de determinação

Devido ao uso do caminhão da empresa em outras atividades durante a entre-safra, determinou-se a parcela do custo fixo anual incidente sobre o transporte de cana e correspondente aos meses de safra.

O método utilizado para estimar a depreciação anual do caminhão foi o linear, isto é, a cota de depreciação anual foi obtida através do quociente entre a estimativa do valor atual de revenda e o número de anos de vida útil provável admitindo um valor final nulo.

A taxa de juro anual foi de 12% sobre a estimativa do valor atual de revenda dos caminhões utilizados para o transporte de cana na empresa.

Custo fixo anual

O custo anual relativo aos caminhões pertencentes às empresas (CF_p) utilizados no transporte de cana foi determinado pela soma:

$$CF_p = \frac{M_p}{A_p} + (M_p \cdot 0,12)$$

onde:

CF_p = custo fixo anual do caminhão pertence à empresa utilizado no transporte de cana, em cruzeiros novos;

M_p = estimativa do valor atual de revenda do caminhão, em cruzeiros novos;

A_p = anos de vida útil provável do caminhão.

Em empresas canavieiras onde o transporte de cana se realizou através de utilização de mais de um caminhão foram somados os custos fixos anuais dos veículos da empresa (Apêndice 6 B).

Custo fixo safra

Como custo fixo safra de transporte de cana em caminhões pertencentes à empresa (CFS_p), considerou-se a parcela do custo fixo anual incidente sobre esta operação (Apêndice 6 C). Essa parcela foi obtida através do quociente:

$$CFS_p = \frac{CF_p \cdot K_s}{K}$$

onde:

CFS_p = custo fixo safra do(s) caminhão(ões) utilizado(s) no transporte de cana, por empresa, em cruzeiros novos;

K_s = quilômetros totais rodados para o transporte da cana, por empresa;

K = quilômetros totais rodados durante o ano pelo(s) caminhão(ões) por empresa (safra e entre-safra).

Custo variável

Como custo variável da transporte de cana em caminhões pertencentes às empresas (CV_p), considerou-se a soma das despesas com combustível, lubrificantes, reparos e mão-de-obra realizadas para efetuar essa operação (Apêndice 6 D).

O combustível e o lubrificante consumidos pelos caminhões compreenderam o conjunto de itens relativos à gasolina, óleo lubrificante, graxa e óleo do diferencial. Foram determinadas as quantidades, em litros ou quilos, efetivamente consumidas para o transporte de cana e os respectivos preços pagos pelas empresas. O valor total desembolsado com êsses itens em cada empresa foi obtido através da soma dos produtos das quantidades efetivamente consumidas durante a operação pelas respectivas médias de preços pagos.

As despesas relativas aos reparos incluíram os gastos de conservação e manutenção do caminhão. Foram elas decorrentes da reposição de peças em geral e do pagamento à mão-de-obra especializada.

As despesas relativas à mão-de-obra empregada no transporte de cana corresponderam aos gastos para o pagamento do motorista do caminhão. A remuneração realizou-se sob a forma de um salário mensal mais os encargos sociais, pagos durante o período de safra. Em empresas onde a mão-de-obra empregada no transporte de cana era familiar, atribuiu-se uma remuneração relativa aos meses de safra, e igual à despesa mensal média paga em propriedades com mão-de-obra não familiar.

Custo unitário

Considerou-se como custo unitário de transporte de cana, em caminhões pertencentes às empresas (C_{tp}), o quociente entre a soma do custo fixo safra com o custo variável e o número de toneladas líquidas transportadas nesses caminhões (Apêndice 6 D). Assim, temos:

$$C_{tp} = \frac{CFS_p + CV_p}{T_p}$$

onde:

C_{tp} = custo unitário de transporte em caminhões pertencentes a cada empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida transportada;

T_p = volume de produção transportado pela empresa em caminhões próprios, em toneladas líquidas;

CV_p = custo variável de transporte em caminhões pertencentes à empresa, em cruzeiros novos.

Custo médio por quilômetro

O custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões pertencentes à empresa (CM_{tp}) foi determinado através do quociente:

$$CM_{tp} = \frac{C_{tp}}{K_{tp}} \cdot 1000$$

onde:

CM_{tp} = custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões pertencentes à empresa, em cruzeiros novos por mil toneladas por quilômetro rodado;

C_{tp} = custo unitário de transporte de cana em caminhões pertencentes à empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida transportada;

K_{tp} = distância média percorrida por viagem em caminhões pertencentes à empresa, em quilômetros rodados (ida e volta).

Em emprêsas canavieiras onde o transporte de cana foi realizado em caminhões próprios, determinou-se apenas um custo unitário e um custo médio por quilômetro de viagem, mesmo quando havia diferentes distâncias a percorrer da lavoura até a esteira da(s) usina(s). No caso, o custo fixo safra e o custo variável de transporte distribuíam-se entre o total de produção transportada e o total de quilômetros rodados no período de safra. Assim, obteve-se a distância média percorrida por viagem através do quociente entre o total de quilômetros rodados para o transporte de cana em caminhões pertencentes à emprêsa e o respectivo número de viagens realizadas, na safra, entre lavoura e a esteira da(s) usina(s) (Apêndice 6 E).

3.3. Metodologia

Tendo em vista os objetivos propostos no presente estudo, os procedimentos adotados no tratamento estatístico dos dados visam: (1ª) verificar a existência ou não de diferenças significativas entre os custos dos diversos processos empregados nas fases da colheita de cana; (2ª) analisar os principais fatores associados aos custos dos processos empregados no corte, carregamento e transporte de cana.

3.3.1. Comparação entre processos de colheita

Compararam-se: (a) os custos unitários dos sub-processos de corte manual com cana enfeixada na palha, enfeixada queimada, sôlta na palha e sôlta queimada; (b) os custos unitários dos processos de carregamento manual e mecânico; (c) os custos unitários dos sub-processos de corte manual com cana enfeixada e sôlta associados aos de carregamento manual e mecânico, respectivamente; (d) os custos médios por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às emprêsas canavieiras.

Na maioria dos casos, em u'a mesma emprêsa canavieira obteve-se o custo correspondente a mais de um processo de corte e carregamento. Além dis so, êsses processos se apresentavam combinados de diferentes maneiras de uma para outra emprêsa. Face a essas circunstâncias, encontradas nas combinações (a), (b) e (c), consideraram-se os processos como tratamentos e as emprêsas como blocos e procedeu-se à análise estatística, utilizando o modelo correspondente a um experimento em blocos incompletos. (vide PIMENTEL GOMES (28)). Êsse modelo permitiu analisar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os processos das comparações (a), (b) e (c), isolando a influência das emprêsas (o chamado "efeito-emprêsa"). Na análise da variância, os valores de "F" calculados, neste caso, referem-se às médias das observações de tratamentos ajustados para blocos. Similarmente, verificou-se o nível de significância de "F" para blocos ajustados para tratamentos. Determinaram-se, portanto, de um lado a influência dos processos de colheita nas alterações dos custos respectivos com efeito de emprêsa eliminado e, de outro a influência das emprêsas na alteração dos custos dêsses processos. Assim, o quadro da análise da variância ficou:

Causa de Variação	G.L.
Blocos	J-1
Tratamentos ajustados	I-1
Resíduo	N-J-I+1
TOTAL	N-1
Tratamentos	I-1
Blocos ajustados	J-1
Resíduo	N-J-I+1

onde:

J = número de blocos;

I = número de tratamentos;

N = número total de observações.

Com efeito de blocos eliminado, o sistema de equações normais para tratamentos que foi utilizado na análise é representado matricialmente através da expressão dada por PIMENTEL GOMES (28):

$$C \hat{T} = Q$$

onde os elementos da diagonal principal da matriz C foram determinados, segundo BARBIN (5), pela expressão:

$$C_{ii} = N_{i.} - \sum_j \frac{N_{ij}^2}{N_{.j}}$$

e os demais elementos obtidos por:

$$C_{ii'} = - \sum_j \frac{N_{ij} N_{i'j}}{N_{.j}}$$

sendo:

i = 1, ..., I;

j = 1, ..., J;

$N_{i.}$ = número total de observações do tratamento i;

N_{ij} = número total de observações do tratamento i no bloco j;

$N_{.j}$ = número total de observações no bloco j.

A matriz $Q = (Q_i)$ corresponde à matriz dos totais de tratamentos ajustados para blocos e seus elementos são dados, segundo BARBIN (5), por:

$$Q_i = T_i - \sum_j \frac{N_{i,j}}{N_{.j}} B_j$$

sendo:

T_i = total não ajustado do tratamento i ;

B_j = total do bloco j .

A matriz $\hat{T} = (\hat{t}_i)$, a ser determinada, é a matriz-coluna das estimativas dos efeitos de tratamento.

As estimativas das médias de tratamento ajustadas para blocos foram obtidas pela soma:

$$\hat{m}_i = \hat{m} + \hat{t}_i, \quad i = 1, \dots, I$$

sendo \hat{m} a estimativa da média geral (vide PIMENTEL GOMES (26)).

Para resolução do sistema $C \hat{T} = Q$, tornou-se necessário introduzir u'a matriz de restrições (A), visto ser a matriz C singular, não admitindo, pois, inversão.

Sendo $A \hat{T} = \phi$, onde ϕ é u'a matriz nula, têm-se por diferença:

$$\begin{array}{r} C \hat{T} = Q \\ A \hat{T} = \phi \\ \hline (C-A) \hat{T} = Q \end{array}$$

ou

$$M \hat{T} = Q$$

onde:

$$M = C - A$$

A estimativa dos parâmetros para tratamentos foi dada, então, por:

$$\hat{T} = M^{-1} Q$$

onde:

M^{-1} é a inversa da Matriz M.

Estimados os elementos da matriz $\hat{T} = (\hat{t}_i)$, pôde-se chegar à soma de quadrados de tratamentos ajustados para blocos, através do produto: (ver de PIMENTEL GOMES (28)).

$$\text{S.Q. Tratamentos ajustados} = \hat{T}' Q = \sum_i \hat{t}_i Q_i$$

A soma de quadrados para o resíduo fica igual a:

$$(\text{S.Q. Resíduo}) =$$

$$(\text{S.Q. Total}) - (\text{S.Q. Blocos}) - (\text{S.Q. Tratamentos ajustados})$$

É fácil verificar que a soma de quadrados para blocos ajustados será dada pela expressão:

$$(\text{S.Q. Blocos ajustados}) =$$

$$(\text{S.Q. Blocos}) + (\text{S.Q. Tratamentos ajustados}) - (\text{S.Q. Tratamentos})$$

Nas comparações (a) e (c) (ver p. 50), visto ser o número de tratamentos igual a quatro, testou-se, também, a significância da diferença entre as

médias ajustadas dos processos através do teste de Tukey, onde $\Delta_k =$
 $q \cdot \sqrt{\frac{1}{2} \hat{V}(\hat{Y}_k)}$ e $k = 1, \dots, 6$.^{22/}

Designando os quatro tratamentos pelos símbolos A, B, C e D e as estimativas das respectivas médias ajustadas para blocos por $\hat{m}_1, \hat{m}_2, \hat{m}_3$ e \hat{m}_4 , os contrastes testados foram os seguintes:

$$\begin{aligned}\hat{Y}_1 &= \hat{m}_1 - \hat{m}_2 \\ \hat{Y}_2 &= \hat{m}_1 - \hat{m}_3 \\ \hat{Y}_3 &= \hat{m}_1 - \hat{m}_4 \\ \hat{Y}_4 &= \hat{m}_2 - \hat{m}_3 \\ \hat{Y}_5 &= \hat{m}_2 - \hat{m}_4 \\ \hat{Y}_6 &= \hat{m}_3 - \hat{m}_4\end{aligned}$$

As estimativas das variâncias desses contrastes são dadas por:

$$\begin{aligned}\hat{V}(\hat{Y}_1) &= \hat{V}(\hat{m}_1) + V(\hat{m}_2) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_1, \hat{m}_2) \\ \hat{V}(\hat{Y}_2) &= \hat{V}(\hat{m}_1) + V(\hat{m}_3) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_1, \hat{m}_3) \\ \hat{V}(\hat{Y}_3) &= \hat{V}(\hat{m}_1) + V(\hat{m}_4) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_1, \hat{m}_4) \\ \hat{V}(\hat{Y}_4) &= \hat{V}(\hat{m}_2) + V(\hat{m}_3) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_2, \hat{m}_3) \\ \hat{V}(\hat{Y}_5) &= \hat{V}(\hat{m}_2) + V(\hat{m}_4) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_2, \hat{m}_4) \\ \hat{V}(\hat{Y}_6) &= \hat{V}(\hat{m}_3) + V(\hat{m}_4) - 2 \text{Cov}(\hat{m}_3, \hat{m}_4)\end{aligned}$$

^{22/} Maiores detalhes sobre o teste de Tukey com número desigual de repetições são encontrados em PIMENTEL GOMES (26).

No caso, as estimativas da variância e covariância dos efeitos de tratamentos foram determinados pelos elementos da matriz \hat{D} , definida pelo produto: (vide PIMENTEL GOMES (28)).

$$\hat{D} = s^2 M^{-1} C M^{-1}$$

onde s^2 é o quadrado médio do resíduo. Os elementos da diagonal principal correspondem às estimativas das variâncias dos parâmetros, e os elementos fora da diagonal às estimativas de suas covariâncias.

Inferiu-se haver uma diferença significativa entre as médias ajustadas dos processos comparados entre si, quando $\hat{Y}_k \geq \Delta_k$ de Tukey para um determinado nível de significância.

Os cálculos ora indicados foram realizados no computador eletrônico IBM-1130, do Centro de Computação Eletrônica, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

Na comparação restante (d), (ver p. 50), em não havendo empresa canavieira que empregasse, concomitantemente, o transporte em caminhões alugados e em caminhões próprios, comparou-se as médias de custo dos processos através do teste "F" de Snedecor, considerando os dados como eventos inteiramente casualizados.

O valor de "F" calculado foi igual ao quociente entre a estimativa de variância inter-processos e a estimativa de variância intra-processos. Obteve-se o quadro de análise da variância:

Causa de Variação	G.L.
Inter-processos	P-1
Intra-processos	N-P
TOTAL	N-1

onde:

P = número de processos;

N = número total de observações.

Resta indicar que os cálculos foram realizados tomando-se as raízes quadradas dos dados originais, com o que se conseguiu uma redução no valor do Coeficiente de Variação (C.V.). Essa redução proporcionou uma melhor estimativa do resíduo nas análises estatísticas apontadas.

3.3.2 - Fatores associados aos custos dos processos de colheita

Com a finalidade de estabelecer a relação funcional entre os custos dos processos de colheita e os principais fatores que lhes são associados, foram ajustadas equações de regressão aos dados originais.

Os parâmetros das equações foram estimados através do método dos quadrados mínimos. Determinou-se o nível de significância dos coeficientes de regressão pelo teste "t" de "Student" e a significância do ajustamento da equação de regressão pelo teste "F" de Snedecor^{23/}. Foram calculados, também, os coeficientes de correlação entre as variáveis bem como os respectivos coeficientes de determinação.

^{23/} Os símbolos + e ++ foram utilizados para representar significância ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

As equações adotadas foram:

MODELO I (a) e MODELO I (b) - Custos unitários dos sub-processos de corte manual.

Incluiu-se no MODELO I, o rendimento cultural como o fator principal que tende a influenciar, a curto prazo, o custo unitário de corte manual nas empresas canavieiras consideradas no levantamento.

O rendimento cultural se encontra correlacionado positivamente com o rendimento físico de corte manual, considerando que o volume de produção cortado por unidade de tempo tende a se reduzir quanto menor o rendimento cultural. Visto ser o pagamento à mão-de-obra, diretamente empregada na operação, estabelecido em função do rendimento físico esperado do corte, e objetivando equiparar-se ao salário mínimo vigente, temos que o preço pago na empreitada tenderá a diminuir com o aumento do rendimento físico do corte, até um determinado limite. Assim, as variações do custo unitário de corte manual estarão também associadas ao rendimento cultural^{24/}.

No MODELO I, admitiu-se como hipótese, que a relação de dependência entre as variáveis destacadas pode ser expressa sob a forma de uma função de segundo grau, baseada nos modelos utilizados por POWELL et alii(29) e ENGLER, ZAGATTO e ARAÚJO (10) para estimar a função de custo variável médio, a curto prazo, da cultura de fumo e da de cana-de-açúcar, respectivamente. Temos, assim, as expressões:

^{24/} Na estimativa das funções de custo unitário serão considerados dois sub-processos de corte manual - o de cana enfeitada na palha e o de cana solta queimada - por serem aqueles de uso mais difundido na "Zona Canavieira de Piracicaba".

$$C_{ep} = a_1 + b_1 x_1 + c_1 x_1^2 \quad (a)$$

$$C_{sq} = a_2 + b_2 x_2 + c_2 x_2^2 \quad (b)$$

onde:

C_{ep} = custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha, em cruzeiros novos por tonelada líquida;

x_1 = rendimento cultural da cana cortada enfeixada na palha, em toneladas líquidas por hectare;

C_{sq} = custo unitário de corte manual da cana sôlta queimada, em cruzeiros novos por tonelada líquida;

x_2 = rendimento cultural da cana cortada sôlta queimada, em toneladas líquidas por hectare.

MODELO II - Custo unitário de carregamento manual

Devido às formas de pagamento adotadas para retribuição da mão-de-obra empregada no carregamento manual, o custo unitário da operação independe do volume total de produção carregada.

A variação do custo unitário irá decorrer mais das condições específicas do pagamento combinado entre as partes contratantes em cada empresa que, propriamente, do volume total de produção carregada manualmente.

Com o objetivo de obter a média dos custos unitários de carregamento manual, que são, por hipótese, constantes qualquer que seja o volume de produção carregado, determinou-se a média ponderada (CP_{ma}) dos custos unitários segundo critérios anteriormente explicitados no item 3.2.4.1.

MODELO III - Custo unitário de carregamento mecânico

Admitiu-se, por hipótese, que o volume de produção carregado mecânicamente constitui o principal fator responsável por alterações no custo unitário desse processo nas empresas canavieiras.

Verifica-se que quando o número de toneladas carregadas é muito pequeno o custo unitário é elevado devido ao alto valor do custo fixo unitário. À medida que aumenta o volume de produção carregado mecânicamente diminui o custo fixo unitário e, também, o custo unitário total. O custo variável unitário, por sua vez, tende a se manter constante pois o custo variável total cresce proporcionalmente com o número de toneladas carregadas.

Nesse caso, a função ajustada aos dados originais para expressar a relação de dependência entre o custo unitário de carregamento mecânico e a escala de produção (Modelo III), foi representada por uma hipérbole assintótica ao eixo da variável dependente. Destaca-se que os parâmetros da equação de regressão estimada foram obtidos considerando os valores observados do custo unitário nas empresas e ponderados em função do respectivo número de toneladas líquidas carregadas mecânicamente^{25/}. Esse procedimento foi adotado devido as variações no tamanho da empresa que utilizavam o carregamento mecânico. A função apresentou-se sob a forma:

$$C_{me} = a_3 + b_3 \frac{1}{T_{me}}$$

^{25/} Pelo método dos mínimos quadrados ponderados, sugerido por DRAPER, SMITH (9): 77-80, obteve-se por dedução as fórmulas utilizadas para estimar os parâmetros do referido Modelo III. Vide Apêndice 8.

onde:

C_{me} = custo unitário de carregamento mecânico por empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

T_{me} = volume de produção carregada mecanicamente na empresa, em toneladas líquidas.

MODELO IV - Custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas

Admitiu-se, por hipótese, que a distância entre a lavoura e a esteira da usina constitui o principal fator responsável por alterações no custo unitário de transporte de oca em caminhões alugados.

A função ajustada aos dados originais pressupõe que o custo unitário de transporte em caminhões alugados tende a se elevar com o aumento da distância percorrida por viagem, sendo esta relação expressa por uma função linear, da forma:

$$C_{ta} = a_4 + b_4 K_{ta}$$

onde:

C_{ta} = custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas, em cruzeiros novos por tonelada líquida transportada;

K_{ta} = distância percorrida por viagem em caminhões alugados às empresas, em quilômetros rodados (ida e volta).

MODELO V (a) e MODELO V (b) - Custos médios por quilômetro de transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas.

Incluiu-se, no MODELO V, a distância entre a lavoura e a esteira da usina como o principal fator responsável pelas alterações verificadas no custo médio por quilômetro de viagem para o transporte, tanto em caminhões pertencentes à empresa como em caminhões alugados.

Os custos médios por quilômetro de transporte em caminhões alugados e em caminhões próprios às empresas tenderão a decrescer com o aumento da distância percorrida por viagem. Assim, as funções ajustadas aos dados originais, no MODELO V (a) e MODELO V (b) foram expressas sob a forma de uma hipérbole, assintótica ao eixo da variável dependente (CM_{ta} e CM_{tp}). Isto tem por fundamento a tendência anteriormente verificada por KERCHNER (20) para o custo de transporte de leite por unidade de volume e por milha para três regiões dos Estados Unidos.

Assim, tem-se:

$$CM_{ta} = a_5 + b_5 \frac{1}{K_{ta}} \quad (a)$$

$$CM_{tp} = a_6 + b_6 \frac{1}{K_{tp}} \quad (b)$$

onde:

CM_{ta} = custo médio por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões alugados às empresas, em cruzeiros novos por mil toneladas por quilômetro rodado;

CM_{tp} = custo médio por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões pertencentes às empresas, em cruzeiros novos por mil toneladas por quilômetro rodado;

K_{tp} = distância média percorrida por viagem em caminhões pertencentes às empresas, em quilômetros rodados (ida e volta).

3.4 - Hipóteses de trabalho

A seguir, são apresentadas as hipóteses formuladas nesta pesquisa e que, portanto, estarão sujeitas a comprovação empírica.

3.4.1 - Há diferença estatisticamente significativa entre: (a) os custos unitários dos sub-processos de corte manual da cana enfeixada na palha (C_{ep}), da cana enfeixada queimada (C_{eq}), da cana solta na palha (C_{sp}) e da cana solta queimada (C_{sq}); (b) os custos unitários de carregamento manual (C_{ma}) e os de carregamento mecânico (C_{me}); (c) os custos unitários associados dos sub-processos de corte manual e carregamento, quais sejam: ($C_{ep} + C_{ma}$), ($C_{eq} + C_{ma}$), ($C_{sp} + C_{me}$) e ($C_{sq} + C_{me}$); (d) os custos médios por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões alugados (CM_{ta}) e os em caminhões pertencentes às empresas (CM_{tp}).

3.4.2 - O custo unitário dos sub-processos de corte manual da cana enfeixada na palha (C_{ep}) e da cana solta queimada (C_{sq}) tendem a decrescer com o aumento no rendimento cultural respectivo (X_1 e X_2), até certo nível, supondo outros fatores constantes.

3.4.3 - O custo unitário de carregamento mecânico (C_{me}) tende a decrescer com o aumento no volume de produção carregado através desse processo (T_{me}), supondo outros fatores constantes.

3.4.4 - O custo unitário de transporte em caminhões alugados (C_{ta}) tende a se elevar com o aumento na distância percorrida por viagem da lavoura à esteira da usina (K_{ta}), supondo outros fatores constantes.

3.4.5 - Os custos médios por quilômetro de viagem tanto em caminhões alugados (CM_{ta}) como em caminhões pertencentes às empresas (CM_{tp}) tendem a decrescer com o aumento nas respectivas distâncias percorridas por viagem da lavoura à esteira da usina (K_{ta} e K_{tp}), supondo outros fatores constantes.

3.5 - Com base nessas hipóteses, procurar-se-á estimar: (a) o rendimento cultural correspondente ao custo unitário mínimo para os sub-processos de corte manual da cana enfeixada na palha (C_{ep}) e da cana sôlta queimada (C_{sq}); (b) o volume de produção (T_x) em que o custo unitário de carregamento mecânico (C_{me}) se iguala ao custo unitário de carregamento manual (C_{ma}); (c) a distância entre a lavoura e a esteira da usina (K_x) em que o custo médio por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões pertencentes às empresas (CM_{tp}) se iguala ao custo médio por quilômetro de viagem para o transporte em caminhões alugados (CM_{ta}).

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 - Corte manual

4.1.1 - Comparação entre sub-processos

Comparou-se os sub-processos de corte manual da cana enfeixada na palha, da cana enfeixada queimada, da cana sôlta na palha e da cana sôlta queimada. Na análise, êsses sub-processos foram designados por tratamento A, B, C e D, respectivamente, e as estimativas das médias de custo unitário são apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10. Médias estimadas dos custos unitários dos sub-processos de corte manual

Sub-processo	Média de custo unitário (NGr\$/t)
A	$\bar{C}_{ep} = 1,44$
B	$\bar{C}_{eq} = 1,13$
C	$\bar{C}_{sp} = 1,08$
D	$\bar{C}_{sq} = 0,70$

Fonte: Informação básica. Apêndice 4 A.

Sendo a matriz C dos coeficientes das equações normais para os sub-processos, com o "efeito-empresa" eliminado, igual a:

$$C = \begin{bmatrix} \frac{35}{6} & \frac{-17}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-13}{6} \\ \frac{-17}{6} & \frac{41}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-19}{6} \\ \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{19}{3} & \frac{-14}{3} \\ \frac{-13}{6} & \frac{-19}{6} & \frac{-14}{3} & 10 \end{bmatrix}$$

foi imposta a restrição $\frac{5}{6} (\hat{t}_1 + \hat{t}_2 + \hat{t}_3 + \hat{t}_4) = 0$, dando origem à matriz A,

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} \\ \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} \\ \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} \\ \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} & \frac{-5}{6} \end{bmatrix}$$

que, subtraída da matriz C, resultou a matriz M, tal que:

$$M = C - A = \begin{bmatrix} \frac{20}{3} & -2 & 0 & \frac{-4}{3} \\ -2 & \frac{23}{3} & 0 & \frac{-7}{3} \\ 0 & 0 & \frac{43}{6} & \frac{-23}{6} \\ \frac{-4}{3} & \frac{-7}{3} & \frac{-23}{6} & \frac{65}{6} \end{bmatrix}$$

Utilizando as raízes quadradas dos dados originais, determinou-se a matriz Q dos totais de tratamentos ajustados. Em seguida estimou-se os valores dos parâmetros através de:

$$\hat{\gamma} = M^{-1} Q$$

onde:

$$\hat{\tau} = \begin{bmatrix} \hat{t}_1 \\ \hat{t}_2 \\ \hat{t}_3 \\ \hat{t}_4 \end{bmatrix}$$

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 0,1761 & 0,0588 & 0,0227 & 0,0424 \\ 0,0588 & 0,1616 & 0,0277 & 0,0518 \\ 0,0227 & 0,0277 & 0,1779 & 0,0717 \\ 0,0424 & 0,0518 & 0,0717 & 0,1341 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 1,1959 \\ 0,3414 \\ 0,8325 \\ -2,3698 \end{bmatrix}$$

obtendo-se:

$$\hat{t}_1 = 0,1492$$

$$\hat{t}_2 = 0,0257$$

$$\hat{t}_3 = 0,0147$$

$$\hat{t}_4 = -0,1896$$

Dadas as estimativas dos parâmetros, determinou-se pela análise da variância o valor de "F" para tratamentos ajustados significativo ao nível de 1% de probabilidade. O valor de "F" para blocos ajustados não foi significativo a 5% (Quadro 11).

Quadro 11. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos sub-processos de corte manual

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Blocos	35	0,9434		
Tratamentos ajustados	3	0,6488	0,2163	60,79 ⁺⁺
Resíduo*	26	0,0925	0,003558	
TOTAL	64	1,6847		
Tratamentos	3	1,3673		
Blocos ajustados	35	0,2249	0,006426	1,81
Resíduo*	26	0,0925	0,003558	

* O coeficiente de variação é igual a 5,7%

Fonte: Informação básica: Apêndice 4 B.

Infere-se, a partir desse resultado, que há uma diferença significativa entre os custos unitários dos sub-processos de corte manual, independentemente das empresas canavieiras que os utilizam. O emprêgo dos diferentes sub-processos provoca, então, alterações sensíveis nas despesas de corte manual da cana. Por outro lado, verifica-se que as diferenças existentes entre as empresas canavieiras não determinam mudanças significativas no custo unitário correspondente a cada um dos sub-processos utilizados no corte manual de cana.

Prosseguindo a análise, procurou-se, ainda, verificar isoladamente o nível de significância das diferenças entre as médias de tratamentos ajustadas para blocos (Quadro 12).

Quadro 12. Estimativa das médias ajustadas para os custos unitários dos sub-processos de corte manual

Sub-processo	$\hat{m}_i = \hat{m} + \hat{t}_i$
A	$\hat{m}_1 = 1,1923$
B	$\hat{m}_2 = 1,0688$
C	$\hat{m}_3 = 1,0578$
D	$\hat{m}_4 = 0,8535$

Fonte: Informação básica. Apêndice 4 B.

Foram estabelecidos seis contrastes, sendo determinadas as estimativas da variância e covariância para os efeitos de tratamentos, através da matriz \hat{D} , ou seja:

$$\hat{D} = 0,003558 \begin{bmatrix} 0,101126 & -0,016159 & -0,052337 & 0,032630 \\ -0,016159 & 0,086566 & -0,047263 & -0,023145 \\ -0,052337 & -0,047263 & 0,102891 & -0,003291 \\ -0,032630 & -0,023145 & -0,003291 & 0,059065 \end{bmatrix}$$

Obtidos os valores das estimativas de variância para cada contraste e os correspondentes valores de A_k de Tukey, verificou-se que há diferenças estatisticamente significativas entre as médias ajustadas dos tratamentos comparados ao nível de 1% de probabilidade. Exceção é feita ao contraste \hat{Y}_4 , que não foi significativo ao nível de 5% (Quadro 13).

Quadro 13. Significância, pelo teste Tukey, das estimativas dos contrastes entre as médias ajustadas de custos unitários dos sub-processos de corte manual

Estimativas dos contrastes (\hat{Y}_k)	$\hat{V}(\hat{Y}_k)$	Δ_k de Tukey	
		5%	1%
$\hat{Y}_1 = \hat{m}_1 - \hat{m}_2 = 0,1235$	0,0007828	0,0758	0,0963
$\hat{Y}_2 = \hat{m}_1 - \hat{m}_3 = 0,1345$	0,0010983	0,0897	0,1141
$\hat{Y}_3 = \hat{m}_1 - \hat{m}_4 = 0,3388$	0,0008022	0,0767	0,0975
$\hat{Y}_4 = \hat{m}_2 - \hat{m}_3 = 0,0110$	0,0010104	0,0861	0,1094
$\hat{Y}_5 = \hat{m}_2 - \hat{m}_4 = 0,2153$	0,0006828	0,0707	0,0900
$\hat{Y}_6 = \hat{m}_3 - \hat{m}_4 = 0,2043$	0,0005997	0,0663	0,0843

Fonte: Informação básica. Apêndice 4 B.

Em resumo, conclui-se que, eliminado o "efeito-empresa", há diferença significativa entre os custos unitários dos sub-processos de corte manual. Entretanto, quando comparados isoladamente os sub-processos entre si, verificou-se não haver, em média, uma modificação nas despesas para o corte manual da cana enfeixada queimada e sôlta na palha (contraste \hat{Y}_4). Será, portanto, indiferente às empresas proceder a operação de corte manual com um ou com outro desses dois sub-processos.

Os custos unitários dos demais sub-processos de corte manual são diferentes quanto comparados entre si. Torna-se mais oneroso à empresa o emprêgo do corte manual da cana enfeixada na palha (tratamento A) que com qualquer outro sub-processo considerado. As despesas de corte serão mínimas quando a cana fôr despalhada pelo fogo e não se realizar a operação de enfeixamento (tratamento D).

Se se considerar que o custo unitário se refere às despesas realizadas por tonelada líquida, o uso do corte manual com cana sôlta queimada é economicamente vantajoso para a empresa, mesmo havendo um desconto porcentualmente maior que nos demais casos sôbre o volume bruto de produção da cana entregue às usinas.

É preciso considerar ainda que as conclusões ora obtidas se referem apenas ao custo de corte manual. Tendo em vista a complementariedade existente entre o corte e o carregamento, torna-se necessário comparar ainda os custos associados das duas operações. Essa análise será desenvolvida no item 4.3.

4.1.2 - Fatores associados aos custos unitários

A relação funcional entre o custo unitário de corte para cana enfeixada na palha e o rendimento cultural respectivo, encontra-se representada pelo MODELO I (a). Para a equação de regressão estimada, verificou-se que 34% das alterações da variável dependente (C_{ep}) puderam ser explicadas pela variável independente (X_1), com um nível de significância de 5% (Quadro 14). O coeficiente de regressão foi estimado em 0,58, sendo os valores de "t" para os coeficientes de regressão parcial estatisticamente significativos ao nível de 5% (Quadro 15).

Quadro 14. Análise da Variância para a função estimada de custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	2	0,1427	0,0713	4,30 ⁺
Resíduo	17	0,2822	0,0166	
TOTAL	19	0,4249		

Fonte: Informação básica. Apêndices 4 A e 4 C.

Quadro 15. Função estimada de custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha

Variável independente	Coefficientes de Regressão	Valores de "t"
X_1 = Rendimento cultural, em toneladas líquidas por hectare		
X_1	-0,01970 (b_1)	2,55 ⁺
X_1^2	0,00015 (c_1)	2,20 ⁺
Constante (a_1) : 2,02 Coeficiente de Correlação (R) : 0,5795 Coeficiente de Determinação (R^2) : 0,3358 Número de Observações (N) : 20		

Fonte: Informação básica. Apêndices 4 A e 4 C.

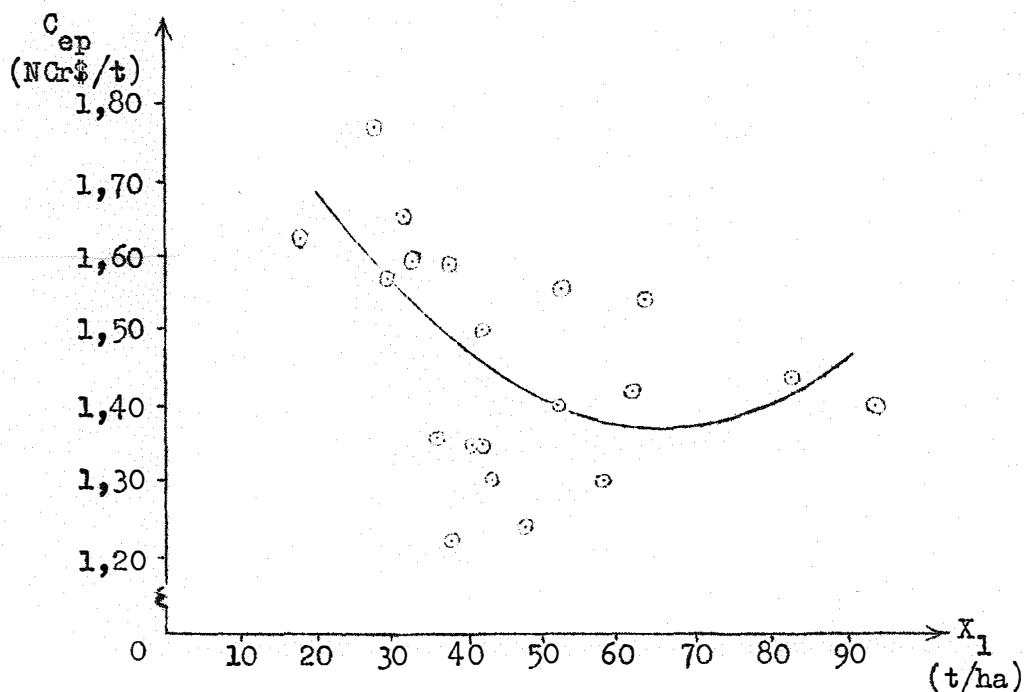
Através dessa função estimada, determinou-se, ainda, o rendimento cultural que torna mínimo o custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha, satisfazendo as condições:

$$\frac{d C_{ep}}{d x_1} = 0 \quad e \quad \frac{d^2 C_{ep}}{d x_1^2} > 0$$

Verificou-se que o rendimento cultural de 66 toneladas líquidas por hectare proporciona um custo unitário mínimo.

A Figura 1 mostra a curva representativa do custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha, estimado a partir do MODELO I (a).

Figura 1. Curva ajustada ao custo unitário de corte manual de cana enfeixada na palha: $C_{ep} = 2,02 - 0,01970 X_1 + 0,00015 X_1^2$



Fonte: Informação básica. Apêndices 4 A e 4 C.

A relação funcional entre o custo unitário de cana sôta queimada e o rendimento cultural respectivo encontra-se representada pelo MODELO I(b). Para a equação de regressão estimada, verificou-se que cerca de 12% das alterações da variável dependente (C_{sq}) puderam ser explicadas pela variável independente (X_2), não havendo significância ao nível de 5% (Quadro 16). O coeficiente de regressão foi estimado em 0,34, sendo os valores de "t" para os coeficientes de regressão parcial estatisticamente não significativos a 5% (Quadro 17).

Quadro 16. Análise da variância para a função estimada de custo unitário do corte manual da cana sôlta queimada

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	2	0,0468	0,0234	0,93
Resíduo	14	0,3535	0,0252	
TOTAL	16	0,4003		

Fonte: Informação básica. Apêndice 4 A e 4 C.

Quadro 17. Função estimada de custo unitário de corte manual da cana sôlta queimada

Variável independente X_2 = rendimento cultural, em toneladas líquidas por hectare	Coefficientes de Regressão	Valores de "t"
X_2	-0,0027 (b_2)	0,12
X_2^2	- (c_2)	0,03

Constante (a_2) : 0,86

Coefficiente de Correlação (R) : 0,3420

Coefficiente de Determinação (R^2) : 0,1170

Número de Observações: (N) : 17

Fonte: Informação básica. Apêndices 4 A e 4 C.

Considerando os resultados obtidos a partir do MODELO I (a) e do MODELO I (b) pode-se inferir que o rendimento cultural tende a provocar alterações no custo unitário de corte manual com cana enfeixada na palha. O mesmo não se verifica em relação ao custo unitário do corte da cana sôlta queimada.

O custo unitário de corte manual da cana enfeixada na palha decresce até atingir um custo mínimo quando o rendimento cultural fôr, aproximadamente, igual a 66 toneladas líquidas por hectare. A partir desse ponto, aumentos no rendimento cultural conduzem a elevações no custo unitário da operação.

Em se tratando de cana cortada sôlta queimada, verificou-se que o rendimento cultural respectivo (X_2) não se encontra associado às variações de custo unitário (C_{sq}). Provavelmente, isso ocorre porque a queima da cana reduz a influência de dois dos principais fatores que afetam, conjuntamente, o rendimento físico do corte e o número de toneladas cortadas por hectare: a variedade da cana e o número de cortes realizados^{26/}.

Em contraposição, os referidos fatores atuam sôbre o rendimento físico do corte quando a cana é cortada enfeixada na palha, permitindo constatar-se uma relação de dependência entre o custo unitário desse sub-processo de corte (C_{ep}) e o rendimento cultural (X_1).

Supõe-se que as variações no custo unitário de corte de cana sôlta queimada devem-se mais a irregularidades da topografia do terreno e/ou à capacidade individual do cortador.

^{26/} Os demais fatores principais associados ao rendimento físico de corte (vide OLIVEIRA (24)) são: tipo de despalha, necessidade ou não de enfeixamento, topografia do terreno e capacidade individual do cortador. Neste estudo, os dois primeiros fatores foram mantidos constantes.

4.2 - Carregamento

4.2.1 - Comparação entre processos

Comparou-se os processos de carregamento manual e de carregamento mecânico, sendo os mesmos designados na análise por tratamento A e tratamento B. As estimativas das médias de custo unitário dos processos de carregamento encontram-se apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18. Médias estimadas dos custos unitários dos processos de carregamento

Processo	Média de custo unitário (NCr\$/t)
A	$\bar{C}_{ma} = 0,21$
B	$\bar{C}_{me} = 0,98$

Fonte: Informação básica. Apêndices 5 A e 5 D.

Sendo a matriz C dos coeficientes das equações normais para os processos de carregamento, isolado o "efeito-empresa", igual à:

$$C = \begin{bmatrix} \frac{11}{2} & \frac{-11}{2} \\ \frac{-11}{2} & \frac{11}{2} \end{bmatrix}$$

foi imposta a restrição

$$\frac{11}{2} (\hat{t}_1 + \hat{t}_2) = 0$$

dando origem à matriz A,

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-11}{2} & \frac{-11}{2} \\ \frac{-11}{2} & \frac{-11}{2} \end{bmatrix}$$

que, subtraída da matriz C, resultou a matriz M, tal que:

$$M = C - A = \begin{bmatrix} 11 & 0 \\ 0 & 11 \end{bmatrix}$$

Utilizando as raízes quadradas dos dados originais, determinou-se a matriz Q dos totais de tratamentos ajustados. Em seguida, estimou-se os valores dos parâmetros, através de:

$$\hat{\tau} = M^{-1} Q$$

onde:

$$\hat{\tau} = \begin{bmatrix} \hat{t}_1 \\ \hat{t}_2 \end{bmatrix}$$

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{11} & 0 \\ 0 & \frac{1}{11} \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} -2,9426 \\ 2,9426 \end{bmatrix}$$

obtendo:

$$\hat{t}_1 = -0,2675$$

$$\hat{t}_2 = 0,2675$$

Dadas as estimativas dos parâmetros, determinou-se pela análise da variância o valor de "F" para tratamentos ajustados, significativo ao nível de 1% de probabilidade, não sendo significativo ao nível de 5% o valor de "F" para blocos ajustados (Quadro 19).

Quadro 19. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos processos de carregamento

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Blocos	35	2,2701		
Tratamentos ajustados	1	1,5743	1,57430	38,49 ⁺⁺
Resíduo*	10	0,4090	0,04090	
TOTAL	46	4,2534		
Tratamentos	1	3,0172		
Blocos ajustados	35	0,8272	0,02363	0,58
Resíduo*	10	0,4090	0,04090	

* O coeficiente de variação é igual a 31,3%.

Fonte: Informação básica. Apêndice 5 E.

Inferese que, na média, o custo unitário de carregamento manual difere do de carregamento mecânico, independentemente das empresas canavieiras que os utilizam, sendo menos oneroso o carregamento manual que o mecânico. Ao mesmo tempo, verifica-se que as diferenças entre as empresas não influenciam significativamente os respectivos custos unitários dos processos de carregamento.

Posteriormente, desenvolver-se-á uma análise mais detalhada (item 4.2.4) para se indicar o possível volume de produção que torne mais econômico o uso do carregamento mecânico da cana.

4.2.2 - Rendimento físico de carregamento

Os dados colhidos permitiram indicar o volume de produção carregado por hora para os processos manual e mecânico, nas condições de operação das empresas canavieiras consideradas.

O rendimento físico do carregamento manual situou-se em torno de 3,7 toneladas líquidas de cana enfeixada carregadas por hora e por homem. Isto corresponde a um caminhão carregado por hora, com a participação de dois carregadores (Apêndice 7).

O rendimento físico do carregamento mecânico foi, aproximadamente, de 13,6 toneladas líquidas de cana solta carregadas por hora. Isto corresponde a dois caminhões carregados por hora, com o conjunto trator-carregadeira (Apêndice 7).

4.2.3 - Fatores associados aos custos unitários

4.2.3.1 - Carregamento manual

Admitiu-se, por hipótese, que o custo unitário de carregamento manual não sofre modificações significativas com alterações verificadas no volume de produção carregada através desse processo (Modêlo II). O custo unitário ponderado de carregamento manual obtido (CP_{ma}) foi igual a NCr\$ 0,39 por tonelada líquida carregada (Apêndice 5 A).

4.2.3.2 - Carregamento mecânico

A relação funcional entre o custo unitário de carregamento mecânico e o respectivo volume de produção, encontra-se representada no MODELO III. Para a equação de regressão estimada, verificou-se que 81% das alterações da variável dependente (C_{me}) puderam ser explicadas pela variável independente ($\frac{1}{T_{me}}$) com um nível de significância de 1%, sendo o coeficiente de correlação estimado igual a 0,90 (Quadros 20 e 21).

Quadro 20. Análise da variância para a função estimada de custo unitário de carregamento mecânico

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	1	17.660,48	17.660,48	70,88 ⁺⁺
Resíduo	16	3.986,74	249,17	
TOTAL	17	21.647,22		

Fonte: Informação básica. Apêndice 5 D.

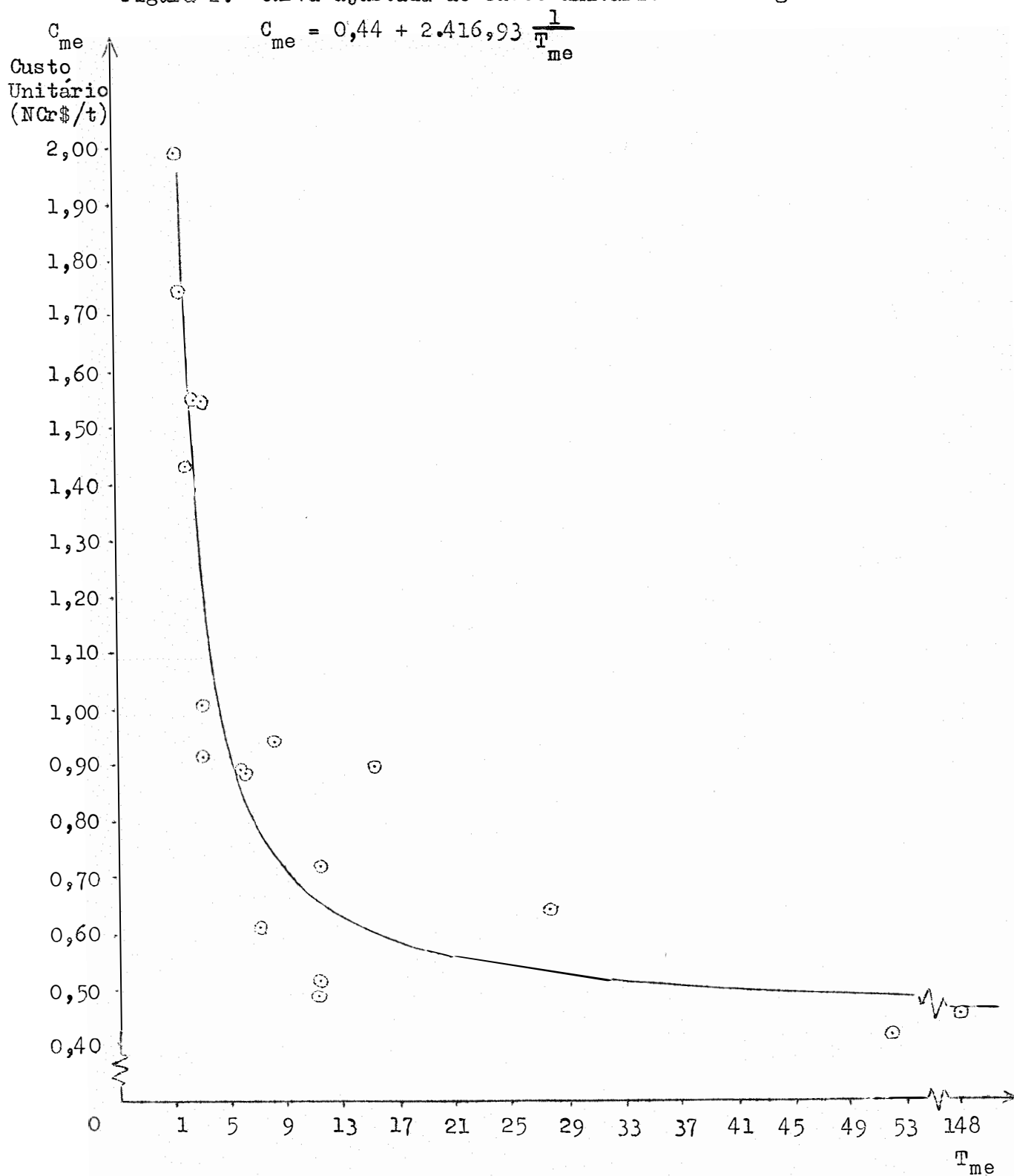
Quadro 21. Função estimada de custo unitário de carregamento mecânico

Variável independente	Coefficiente de Regressão (b_3)
$\frac{1}{T_{me}}$ onde T_{me} = volume de produção carregada mecanicamente, em toneladas líquidas	2.416,93
Constante (a_3) : 0,44 Coeficiente de correlação (r) : 0,9032 Coeficiente de Determinação (r^2) : 0,8158 Número de Observações (N) : 18	

Fonte: Informação básica. Apêndice 5 D.

A Figura 2 mostra a curva representativa do custo unitário de carregamento mecânico, estimada a partir do Modelo III.

Figura 2. Curva ajustada de custo unitário de carregamento mecânico:



Fonte: Informação básica. Apêndice 5 D.

Considerando o resultado obtido a partir do MODELO III, verifica-se que o custo unitário de carregamento mecânico tende a decrescer com o aumento no volume da produção carregada. O custo fixo unitário diminui com o aumento do volume de toneladas carregadas e o custo variável unitário tende a permanecer constante, inexistindo desta forma, uma fase onde o custo unitário se torne crescente.

Os demais fatores que podem afetar o custo unitário de carregamento mecânico foram excluídos do MODELO III, por estarem relacionados mais diretamente às condições peculiares de cada empresa e apresentarem dificuldade de controle. Destacam-se entre eles: (a) as variações nos anos de utilização e nas condições de conservação do conjunto trator-carregadeira; (b) as diferenças na potência dos tratores; (c) as diferenças de salário; (d) as diferenças de topografia do terreno que ocasionariam variações no tempo gasto na operação.

4.2.4 - Substituição entre processos

Estimou-se o volume de produção que torna economicamente vantajoso a substituição do carregamento manual pelo carregamento mecânico, considerando a complementaridade das operações de corte manual e carregamento na colheita da cana.

Tornou-se necessário levar em conta essa complementaridade desde que o prévio enfeixamento da cana cortada se realiza para facilitar a operação de carregamento manual ao passo que o carregamento mecânico pode ser feito com cana cortada solta. Sabendo-se que a média do custo unitário de corte manual da cana na palha enfeixada foi de NCr\$ 1,44 por tonelada líquida cortada e o da cana na palha solta foi igual a NCr\$ 1,08, estimou-se, por diferença, um custo de enfeixamento de NCr\$ 0,36. Similarmente, para a cana cortada queimada enfeixada e queimada solta, obteve-se, por diferença, um custo de enfeixamento de NCr\$ 0,43 por tonelada líquida

cortada (Apêndice 4 A). Assim, estima-se que a média de custo de enfeixamento esteja situada ao redor de NCr\$ 0,40 por tonelada líquida, quando se consideram ambos os tipos de despalha da cana.

O valor médio do custo unitário de enfeixamento (C_f) foi acrescentado ao custo unitário ponderado de carregamento manual (CP_{ma}) obtendo-se um custo igual a NCr\$ 0,79 por tonelada líquida. Esse custo é admitido invariável a qualquer volume de produção.

O primeiro método utilizado na determinação do volume de produção a partir do qual seria aconselhável o uso do carregamento mecânico (T_x), considerou a função estimada para o custo unitário de carregamento mecânico (MODELO III) igualando-a a soma dos custos de enfeixamento e carregamento manual, na forma:

$$CP_{ma} + C_f = a_3 + b_3 \frac{1}{T_x}$$

onde:

CP_{ma} = custo unitário ponderado de carregamento mecânico, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

C_f = média de custo de enfeixamento, em cruzeiros novos por tonelada líquida;

T_x = volume de produção a ser carregado mecanicamente, em toneladas líquidas.

Substituindo-se os membros da igualdade pelos valores correspondentes, temos:

$$0,39 + 0,40 = 0,44 + 2.416,93 \frac{1}{T_x}$$

O volume de produção que satisfaz a condição de igualdade entre os custos unitários de carregamento foi estimado em 6.223 toneladas líquidas. Portanto, infere-se que, acima desse nível de produção, o custo unitário de carregamento mecânico torna-se inferior ao custo de carregamento manual e enfeixamento.

O outro método utilizado admitiu que o volume de produção indicado para substituição entre os processos de carregamento poderia também ser estimado através da igualdade:

$$CP_{ma} + C_f = \frac{\frac{\sum CFS_{me}}{N}}{T_x} + CVP_{me}$$

onde:

CFS_{me} = custo fixo safra de carregamento mecânico por empresa, em cruzeiros novos;

CVP_{me} = custo variável unitário ponderado de carregamento mecânico, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada.

N = número total de conjuntos trator-carregadeira existentes nas empresas consideradas.

Substituindo-se os membros da igualdade, pelos valores correspondentes (vide Apêndice 5 D), temos:

$$0,39 + 0,40 = \frac{\frac{83.847,39}{30}}{T_x} + 0,32$$

Verificou-se através desse segundo método que, com 5.960 toneladas líquidas carregadas, os custos decorrentes das operações associadas de carregamento manual e enfeixamento igualam-se ao custo de carregamento mecânico.

Considerando os resultados obtidos por ambos os métodos, tornou-se possível inferir que, numa empresa canavieira cujo volume de produção seja, em média, igual ou superior a 6.100 toneladas líquidas, deverá ser aconselhável o uso de carregamento mecânico. A partir desse nível, o custo unitário de carregamento mecânico passa a ser inferior aos decorrentes das operações de enfeixamento e carregamento manual.

Pode-se considerar ainda que esse volume de produção corresponde a um uso do equipamento trator-carregadeira ao redor de 450 horas de carregamento, durante o período de safra, visto ser o rendimento físico médio estimado da operação igual a 13,6 toneladas líquidas carregadas por hora (item 4.2.2).

4.3. Corte manual e carregamento

Dada a complementaridade das fases de corte e carregamento, comparou-se os custos unitários associados das duas operações. Foi acrescentado o custo unitário de carregamento manual aos custos unitários de corte manual da cana enfeixada na palha e da enfeixada solta e aos custos unitários de corte manual da cana solta na palha e da solta queimada foi somado o custo unitário de carregamento mecânico. Na análise, esses processos foram designados por tratamento A, B, C e D, respectivamente, e as estimativas das médias de custo obtidas são apresentadas no Quadro 22.

Quadro 22. Médias estimadas dos custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento

Processo	Média dos custos unitários (NCr\$/t)
A	$(C_{ep} + C_{ma}) = 1,63$
B	$(C_{eq} + C_{ma}) = 1,39$
C	$(C_{sp} + C_{me}) = 1,92$
D	$(C_{sq} + C_{me}) = 1,69$

Fonte: Informação básica. Apêndices 4 A, 5 A e 5 D.

Não se alterando os coeficientes das equações normais para tratamentos, permanecem, nesse caso, os elementos da matriz C e da matriz M da comparação entre os sub-processos de corte manual (vide item 4.1.1).

Utilizando as raízes quadradas dos dados originais, determinou-se a matriz Q dos totais de tratamentos ajustados. Em seguida, estimou-se os valores dos parâmetros através de:

$$\hat{T} = M^{-1} Q$$

onde:

$$\hat{T} = \begin{bmatrix} \hat{t}_1 \\ \hat{t}_2 \\ \hat{t}_3 \\ \hat{t}_4 \end{bmatrix}$$

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} 0,1761 & 0,0588 & 0,0227 & 0,0424 \\ 0,0588 & 0,1616 & 0,0277 & 0,0518 \\ 0,0227 & 0,0277 & 0,1779 & 0,0717 \\ 0,0424 & 0,0518 & 0,0717 & 0,1341 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 0,1216 \\ -1,1128 \\ 1,0208 \\ -0,0295 \end{bmatrix}$$

obtendo-se:

$$\hat{t}_1 = -0,0222$$

$$\hat{t}_2 = -0,1459$$

$$\hat{t}_3 = 0,1514$$

$$\hat{t}_4 = 0,0167$$

Dadas as estimativas dos parâmetros, chegou-se pela análise da variância ao valor de "F" calculado para tratamentos ajustados, significativo ao nível de 5% de probabilidade, não sendo significativo ao nível de 5% o valor de "F" para blocos ajustados (Quadro 23).

Quadro 23. Análise da variância para a comparação entre os custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Blocos	35	0,6705		
Tratamentos ajustados	3	0,3136	0,1045	7,03 ⁺
Resíduo*	26	0,3866	0,014869	
TOTAL	64	1,3707		
Tratamentos	3	0,2428		
Blocos ajustados	35	0,7413	0,02118	1,42
Resíduo*	26	0,3866	0,014869	

*O coeficiente de variação é igual a 9,5%.

Ponte: Informação básica. Apêndice 5 F.

Inferese que há uma diferença significativa entre os custos unitários dos processos de carregamento associados aos de corte manual, independentemente das empresas que os utilizam. Pode-se concluir, ainda, que as diferenças nas condições de operação das mesmas não tem uma influência significativa sobre as alterações dos custos unitários desses processos comparados.

Complementando a análise, verificou-se, isoladamente, o nível de significância da diferença entre as médias de tratamentos ajustados para blocos (Quadro 24).

Quadro 24. Estimativas das médias ajustadas para os custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento

Processos associados	$\hat{m}_i = \hat{m} + \hat{t}_i$
A	$\hat{m}_1 = 1,2536$
B	$\hat{m}_2 = 1,1299$
C	$\hat{m}_3 = 1,4272$
D	$\hat{m}_4 = 1,2925$

Fonte: Informação básica. Apêndice 5 F.

Para os seis contrastes estabelecidos foram determinadas as estimativas da variância e covariância para os efeitos de tratamentos, através dos elementos da matriz \hat{D} , ou seja:

$$\hat{D} = 0,014869 \begin{bmatrix} 0,101126 & -0,016159 & -0,052337 & -0,032630 \\ -0,016159 & 0,086566 & -0,047263 & -0,023145 \\ -0,052337 & -0,047263 & 0,102891 & -0,003291 \\ -0,032630 & -0,023145 & -0,003291 & 0,059065 \end{bmatrix}$$

Obtidas as estimativas da variância para cada contraste e os correspondentes valores de Δ_k de Tukey, inferiu-se que há diferenças estatisticamente significativas entre as médias ajustadas nos contrastes \hat{Y}_4 e \hat{Y}_5 , ao nível de probabilidade de 1% e 5%, respectivamente. Os demais contrastes não apresentaram uma diferença significativa (Quadro 25).

Quadro 25. Significância, pelo teste Tukey, das estimativas dos contrastes entre as médias ajustadas de custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento

Estimativas dos contrastes (\hat{Y}_k)	$\hat{V}(\hat{Y}_k)$	Δ_k de Tukey	
		5%	1%
$\hat{Y}_1 = \hat{m}_1 - \hat{m}_2 = 0,1237$	0,003271	0,1549	0,1969
$\hat{Y}_2 = \hat{m}_1 - \hat{m}_3 = 0,1736$	0,004590	0,1834	0,2333
$\hat{Y}_3 = \hat{m}_1 - \hat{m}_4 = 0,0389$	0,003352	0,1568	0,1994
$\hat{Y}_4 = \hat{m}_2 - \hat{m}_3 = 0,2973$	0,004222	0,1760	0,2237
$\hat{Y}_5 = \hat{m}_2 - \hat{m}_4 = 0,1626$	0,002854	0,1466	0,1839
$\hat{Y}_6 = \hat{m}_4 - \hat{m}_4 = 0,1347$	0,002506	0,1355	0,1723

Fonte: Informação básica. Apêndice 5 F.

Conclui-se que, com o "efeito-empresa" eliminado, há diferença significativa entre os custos unitários dos processos de corte manual e carregamento associados. Entretanto, quando comparados isoladamente os processos entre si, essa diferença só é mantida para os contrastes \hat{Y}_4 e \hat{Y}_5 .

Verificou-se que os custos unitários de corte e carregamento manual da cana enfeixada queimada (Tratamento B) apresentam-se significativamente diferentes ao mesmo tempo, dos de corte manual e carregamento mecânico da cana solta na palha (Tratamento C) e dos da cana solta queimada (Tratamento D). Portanto, infere-se que há alterações sensíveis nas despesas das operações de corte manual e carregamento quando se emprega um desses três processos. Torna-se menos oneroso à empresa, neste caso, a utilização do corte manual da cana enfeixada queimada e carregada manualmente.

Esses resultados indicam que, em média, quando se considera as operações de corte manual e carregamento combinadas, a economia realizada no corte com o não enfeixamento da cana é menor que o aumento de gastos em que se incorre quando se passa do carregamento mecânico para o carregamento manual.

Desta forma, quando a empresa dispuser de carregadeira mecânica, será indiferente cortar a cana solta queimada ou a solta na palha, desde que os respectivos custos associados não se apresentaram significativamente diferentes. Isso acontece, embora se tenha verificado anteriormente, no item 4.1.1, que o custo unitário de corte manual da cana solta queimada é significativamente diferente e inferior aos dos demais sub-processos comparados.

Similarmente, quando a empresa carregar a cana manualmente será indiferente cortá-la enfeixada na palha ou enfeixada queimada.

4.4 - Transporte

4.4.1 - Comparação entre processos

Comparou-se os processos de transporte da cana em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas. Na análise, esses processos foram designados por tratamento A e B, respectivamente, e as estimativas das médias de custo médio por quilômetro são apresentadas no Quadro 26.

Quadro 26. Médias estimadas dos custos médios por quilômetro dos processos de transporte

Processo	Média de custos médios por quilômetro (NCr\$/1.000 t/km)
A	$\overline{CM}_{ta} = 76,13$
B	$\overline{CM}_{tp} = 107,89$

Fonte: Informação básica. Apêndices 6 A e 6 D.

Utilizando as raízes quadradas dos dados originais, obteve-se um valor de "F" calculado significativo ao nível de 1% (Quadro 27).

Quadro 27. Análise da variância para a comparação entre os custos médios por quilômetro dos processos de transporte

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Inter-tratamentos	1	34,2025	34,2025	9,17 ⁺⁺
Resíduo*	62	131,2329	3,7296	
TOTAL	63	265,4354		

* O coeficiente de variação é igual a 21,4%.

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 F.

Inferre-se a partir desse resultado que há uma diferença significativa entre os custos médios por quilômetro para o transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas. O custo médio por quilômetro em caminhões alugados apresenta-se, em média, inferior ao de em caminhões pertencentes às empresas, tornando, assim, mais indicado o uso do primeiro processo.

4.4.2 - Fatores associados aos custos unitários de transporte em caminhões alugados às empresas

A relação funcional entre o custo unitário de transporte da cana em caminhões alugados e a distância percorrida por viagem da lavoura à esteira da usina encontra-se representada no MODELO IV. Para a equação de regressão estimada, verificou-se que 65% das alterações da variável dependente (C_{ta}) puderam ser explicadas pela variável independente (K_{ta}), com um nível de significância de 1%, sendo o coeficiente de correlação igual a 0,81 (Quadros 28 e 29).

Quadro 28. Análise da variância para a função estimada de custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	1	9,5801	9,5801	82,66 ⁺⁺
Resíduo	44	5,1000	0,1159	
TOTAL	45	14,6801		

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 A.

Quadro 29. Função estimada de custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas

Variável independente	Coefficiente de Regressão (b_4)
K_{ta} = distância percorrida por viagem, em quilômetros rodados (ida e volta)	0,0308

Constante (a_4) : 0,79

Coefficiente de correlação (r) : 0,8078

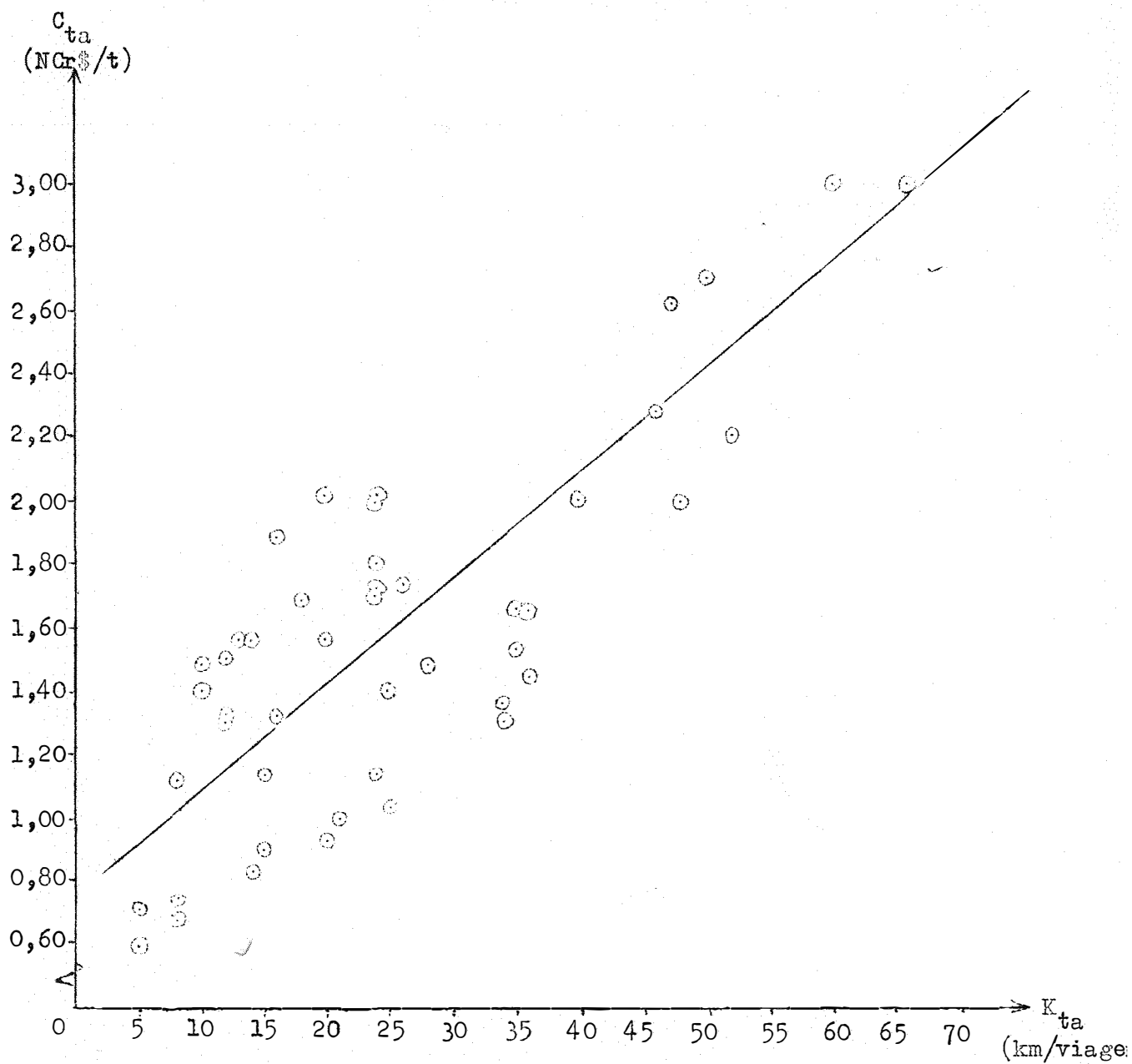
Coefficiente de Determinação (r^2) : 0,6525

Número de Observações (N) : 46

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 A.

A Figura 3 mostra a linha de custo unitário de transporte em caminhões alugados, estimada pela equação de regressão do MODELO IV.

Figura 3. Linha ajustada de custo unitário de transporte da cama em caminhões alugados às empresas: $C_{ta} = 0,79 + 0,0308 K_{ta}$



Fonte: Informação básica. Apêndice 6 A.

Considerando o resultado obtido a partir do MODELO IV, verifica-se que o custo unitário de transporte de cana em caminhões alugados tende a se elevar em NCr\$ 0,31 por tonelada líquida transportada com um aumento de 5 quilômetros na distância percorrida entre a lavoura e a esteira da usina.

Os demais fatores, que podem afetar o custo unitário de transporte em caminhões alugados, não incluídos no MODELO IV, são, por exemplo: (a) as diferenças no estado de conservação nas vias de comunicação principais e secundárias; (b) as diferenças na topografia do terreno na lavoura; (c) as diferenças nas condições específicas de contrato face às imperfeições no mercado do serviço de transporte prestado.

4.4.3 - Fatores associados aos custos médios por quilômetro de transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas

As relações funcionais entre o custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas, e as respectivas distâncias percorridas por viagem encontram-se representadas no MODELO V (a) e no MODELO V (b).

Na equação de regressão estimada (Modelo V (a)) para o custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados às empresas, verificou-se que 58% das alterações da variável dependente (CM_{ta}) puderam ser explicadas pela variável independente ($\frac{1}{K_{ta}}$) com um nível de significância de 1%, sendo o coeficiente de correlação igual a 0,76 (Quadros 30 e 31).

Quadro 30. Análise da variância para a função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados às empresas

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	1	28.336	28.336	61,87 ⁺⁺
Resíduo	44	20.149	458	
TOTAL	45	48.485		

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 A.

Quadro 31. Função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados às empresas

Variável independente	Coefficiente de Regressão (b_5)
$\frac{1}{K_{ta}}$ onde K_{ta} = distância percorrida por viagem, em quilômetros rodados (ida e volta).	593,8787
Constante (a_5) : 41,39 Coeficiente de Correlação (r) : 0,7645 Coeficiente de Determinação (r^2) : 0,5845 Número de Observações (N) : 46	

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 A.

Na equação de regressão estimada (Modelo V (b)) para o custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões pertencentes às empresas, verificou-se que 84% das alterações da variável dependente (CM_{tp}) puderam ser explicadas pela variável independente ($\frac{1}{K_{tp}}$) ao nível de significância de 1%, sendo o coeficiente de correlação igual a 0,91 (Quadros 32 e 33).

Quadro 32. Análise da variância para a função estimada de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões pertencentes às empresas

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	"F"
Devida à regressão	1	34.714	34.714	87,22 ⁺⁺
Resíduo	16	6.348	398	
TOTAL	17	41.062		

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 E.

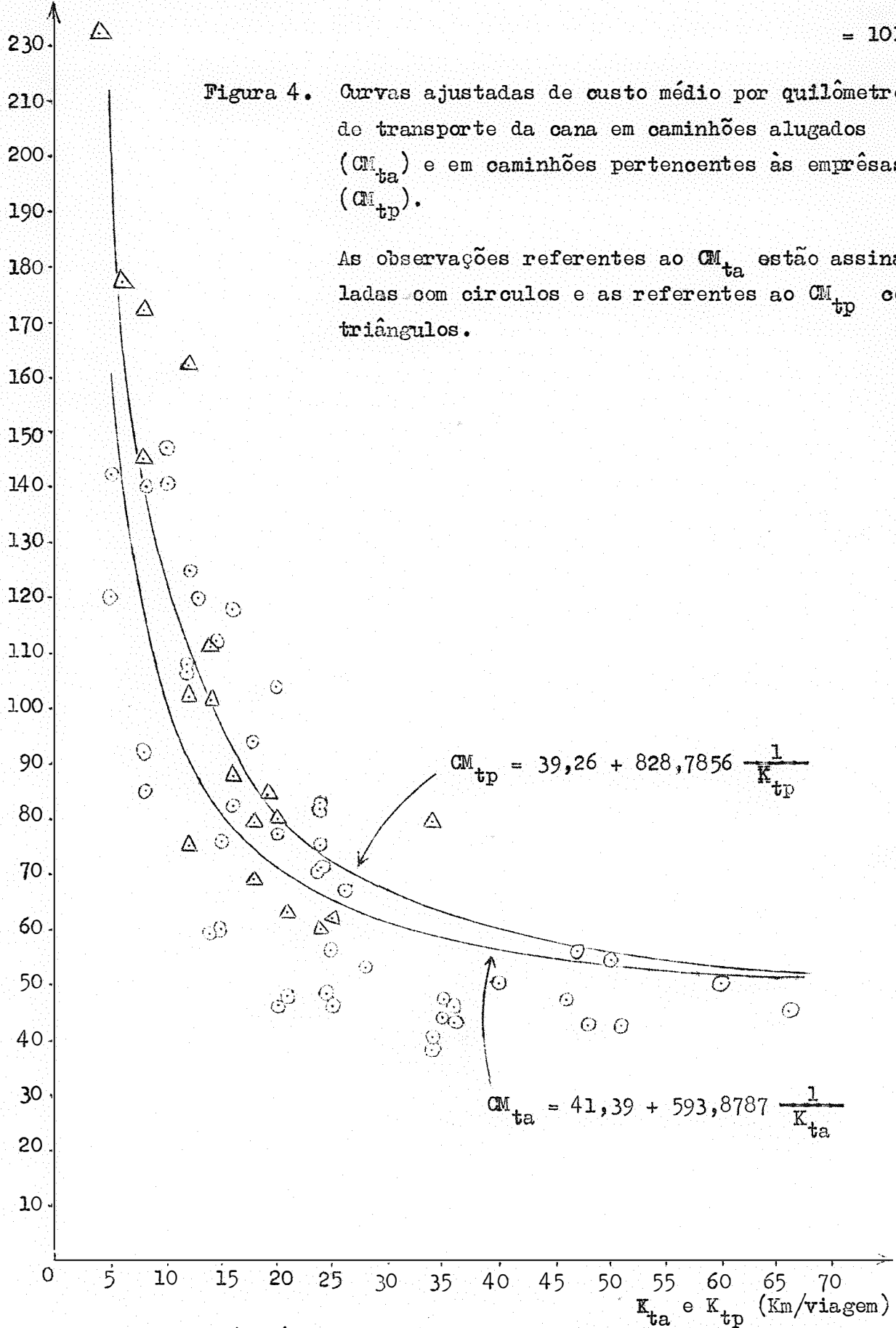
Quadro 33. Função estimada de custo médio por quilômetro de transporte em caminhões pertencentes às empresas

Variável independente	Coefficiente de Regressão (b_6)
$\frac{1}{K_{tp}}$ onde K_{tp} = distância média percorrida por viagem em quilômetros rodados (ida e volta)	828,7856
Constante (a_6) : 39,26 Coeficiente de Correlação (r) : 0,9195 Coeficiente de Determinação (r^2) : 0,8455 Número de Observações (N) : 18	

Fonte: Informação básica. Apêndice 6 E.

A Figura 4 representa as curvas de custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas, estimadas pelas equações de regressão do MODELO V (a) e do MODELO V (b).

CM_{tp} e CM_{ta} (NCr\$/1.000 t/km)



Considerando os resultados obtidos a partir do MODELO V (a) e do MODELO V (b), verifica-se que os custos médios por quilômetro de transporte de cana nas empresas tanto em caminhões alugados como em caminhões próprios tendem a decrescer com o aumento da distância percorrida por viagem da lavoura à esteira da usina.

4.4.4 - Substituição entre processos

Com o objetivo de identificar a distância percorrida por viagem (K_x) que poderá tornar conveniente a substituição entre o transporte de cana em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas, igualaram-se entre si as funções estimadas de custo médio por quilômetro de ambos os processos de transporte como segue:

$$a_5 + b_5 \frac{1}{K_x} = a_6 + b_6 \frac{1}{K_x}$$

Substituindo-se os membros da igualdade pelos valores correspondentes, temos:

$$41,39 + 593,8787 \frac{1}{K_x} = 39,26 + 828,7856 \frac{1}{K_x}$$

Inferiu-se, que, quando são percorridos 110 quilômetros por viagem (ida e volta), ou seja, com 55 quilômetros de distância entre a lavoura e a esteira da usina, o custo médio por quilômetro de transporte de cana em caminhões alugados iguala-se ao de em caminhões pertencentes às empresas. A partir dessa distância, deverá ser aconselhável a utilização de transporte de cana em caminhões pertencentes às empresas, visto que o respectivo custo médio por quilômetro declina mais rapidamente que aquele em caminhões alugados, com o aumento da distância.

Cumpre notar, entretanto, que essa distância encontra-se fora do intervalo onde os dados originais estão compreendidos. Por êsse motivo, devem ser guardadas as devidas restrições, ainda mais considerando ser esta distância relativamente elevada.

C A P Í T U L O 5

RESUMO E CONCLUSÕES

5.1 - Resumo

O presente trabalho teve por principal objetivo realizar uma análise comparativa de alguns processos empregados em cada fase da colheita de cana-de-açúcar, procurando identificar os principais fatores associados aos custos de corte, carregamento e transporte, bem como indicar as possíveis vantagens econômicas de substituição entre os processos considerados.

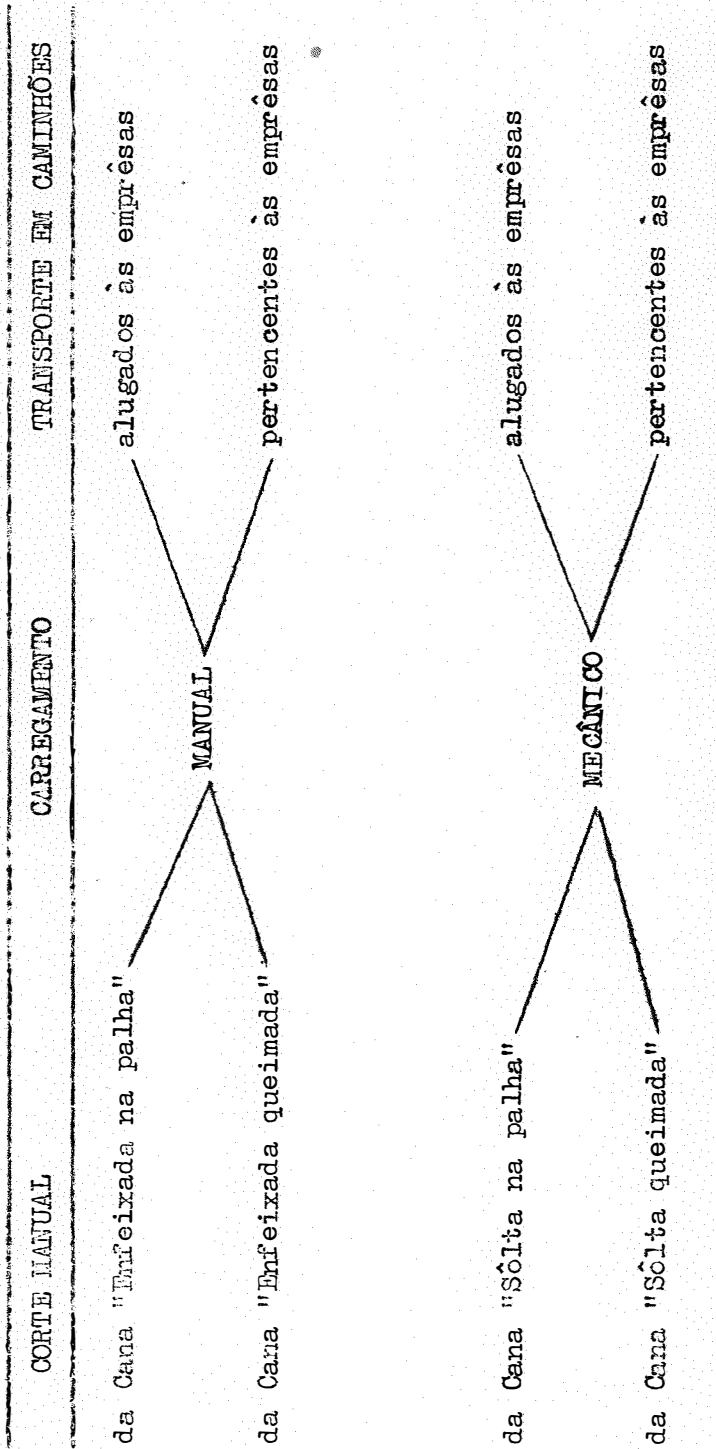
O tema em apreço reveste-se de particular interesse, quando se considera o papel preponderante da colheita na determinação do custo de produção da cana-de-açúcar e a importância da agro-indústria açucareira para o Brasil, especialmente, para o Estado de São Paulo.

O levantamento de dados realizou-se através de entrevistas diretas, mediante preenchimento de questionário, abrangendo a cultura própria das empresas de 32 "fornecedores" de cana e de quatro usinas, localizadas na "Zona Canavieira de Piracicaba" - Municípios de Piracicaba, Capivarí e Raffard, Estado de São Paulo. O período-base para o estudo foi o referente à safra de 1966/67.

Determinou-se a existência ou não de diferenças estatisticamente significativas entre: (a) os custos unitários dos sub-processos de corte manual da cana "enfeixada na palha", "enfeixada queimada", "sôlta na palha" e "sôlta queimada"; (b) os custos unitários de carregamento manual e mecânico; (c) os custos unitários dos processos associados de corte manual e carregamento; (d) os custos médios por quilômetro de viagem com o transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas (vide esquema representativo na p. 105).

O procedimento estatístico adotado nas comparações (a), (b) e (c) foi o teste "F" de Snedecor, utilizando o modelo correspondente a um

Esquema representativo dos processos considerados na colheita de Cana-de-Açúcar



experimento em blocos incompletos. Considerando os processos de colheita como tratamentos e as empresas abrangidas no levantamento como blocos, analisou-se a existência de diferenças significativas entre os tratamentos ajustados para blocos, bem como entre os blocos ajustados para tratamentos. Na comparação restante (d), testou-se o nível de significância da diferença inter-processos através do teste "F", supondo-se os eventos como inteiramente casualizados, uma vez que cada empresa utilizava apenas um dos dois processos de transporte.

Identificaram-se os principais fatores associados aos custos dos processos de colheita através de equações de regressão, cujos parâmetros foram estimados pelo método dos mínimos quadrados. O nível de significância dos coeficientes de regressão calculados foi determinado pelo teste "t" de "Student" e a significância do ajustamento da regressão pelo teste "F". As equações propostas foram as seguintes:

MODELO I (a) e MODELO I (b) - Custos unitários dos sub-processos de corte manual

$$C_{ep} = a_1 + b_1 X_1 + c_1 X_1^2 \quad (a)$$

$$C_{sq} = a_2 + b_2 X_2 + c_2 X_2^2 \quad (b)$$

onde:

C_{ep} = custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha", em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

X_1 = rendimento cultural da cana cortada "enfeixada na palha", em toneladas líquidas por hectare;

C_{sq} = custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada", em cruzeiros novos por tonelada líquida cortada;

X_2 = rendimento cultural da cana cortada "sôlta queimada", em toneladas líquidas por hectare.

MODELO II - Custo unitário de carregamento manual

Pressupondo que o custo unitário de carregamento manual não varia com o volume de toneladas líquidas carregadas, sua estimativa foi feita pela média ponderada (CP_{ma}) dos custos unitários de carregamento manual (C_{ma}).

MODELO III - Custo unitário de carregamento mecânico

$$C_{me} = a_3 + b_3 \frac{1}{T_{me}}$$

onde:

C_{me} = custo unitário de carregamento mecânico, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

T_{me} = volume de produção carregado mecanicamente, em toneladas líquidas.

MODELO IV - Custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas

$$C_{ta} = a_4 + b_4 K_{ta}$$

onde:

C_{ta} = custo unitário de transporte em caminhões alugados à empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida transportada;

K_{ta} = distância percorrida por viagem em caminhões alugados à empresa, em quilômetros rodados (ida e volta).

MODELO V (a) e MODELO V (b) - Custos médios por quilômetro de transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes à empresa.

$$CM_{ta} = a_5 + b_5 \frac{1}{K_{ta}} \quad (a)$$

$$CM_{tp} = a_6 + b_6 \frac{1}{K_{tp}} \quad (b)$$

onde:

CM_{ta} = custo médio por quilômetro de viagem em caminhões alugados à empresa, em cruzeiros novos por mil toneladas líquidas e por quilômetro rodado;

CM_{tp} = custo médio por quilômetro de viagem em caminhões pertencentes à empresa, em cruzeiros novos por mil toneladas líquidas e por quilômetro rodado;

K_{tp} = distância média percorrida por viagem em caminhões pertencentes à empresa, em quilômetros rodados (ida e volta).

Os cálculos necessários para a análise estatística dos dados originais foram realizados no Centro de Computação Eletrônica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

5.2 - Conclusões

5.2.1 - Conclusões de natureza específica

5.2.1.1 - Para empresas canavieiras com volume de produção inferior a 6.100 toneladas líquidas produzidas por safra, será aconselhável a utilização do processo manual de carregamento, por apresentar tal processo um custo unitário inferior ao do carregamento mecânico abaixo daquele limite.

5.2.1.2 - É indiferente proceder a despalha da cana cortada enfeixada e carregada manualmente, quer por meio de fogo quer por meio manual, tendo em vista que o custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha" associado ao do carregamento manual não difere significativamente do custo unitário de corte manual da cana "enfeixada queimada" associado ao do carregamento manual.

5.2.1.3 - O custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha" é mínimo quando o rendimento cultural se situar em torno de 66 toneladas líquidas por hectare.

5.2.1.4 - Para empresas canavieiras com volume de produção igual ou superior a 6.100 toneladas líquidas produzidas por safra, será aconselhável a utilização do processo de carregamento mecânico. Este processo apresenta um custo unitário inferior ao do carregamento manual acima daquele limite.

5.2.1.5 - É indiferente proceder a despalha da cana cortada solta e carregada mecanicamente, quer por meio de fogo quer por meio manual, visto que o custo unitário de corte manual da cana "solta na palha" associado ao do carregamento mecânico não difere significativamente do custo unitário de corte manual da cana "solta queimada" associado ao do carregamento mecânico.

5.2.1.6 - O custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada" não se apresenta significativamente relacionado com o rendimento cultural.

5.2.1.7 - O custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha" associado ao custo unitário de carregamento manual não difere significativamente do custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada" associado ao custo unitário de carregamento mecânico.

5.2.1.8 - O custo unitário de corte manual da cana "enfeixada queimada" associado ao custo unitário do carregamento manual é inferior aos demais custos unitários dos processos combinados de corte e carregamento. O custo unitário daquele processo é significativamente diferente dos custos unitários de corte manual da cana "sôlta na palha" e "sôlta queimada", ambos associados ao custo unitário de carregamento mecânico

5.2.1.9 - O custo unitário de transporte de cana em caminhões alugados às empresas tende a se elevar em NCr\$ 0,30 por tonelada líquida transportada para cada cinco quilômetros adicionais percorridos entre a lavoura e a esteira da usina.

5.2.1.10 - O custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões alugados é significativamente diferente e inferior ao do transporte em caminhões pertencentes às empresas.

5.2.1.11 - O custo médio por quilômetro de viagem para o transporte de cana em caminhões alugados deverá tornar-se superior ao de em caminhões pertencentes às empresas, quando a distância percorrida da lavoura à esteira da usina ultrapassar 55 quilômetros.

5.2.2 - Conclusões de natureza geral

5.2.2.1 - Corte manual e carregamento de cana:

- (a) Quando se considera a complementaridade entre os processos de corte manual e de carregamento, verifica-se que a economia realizada com o não enfeixamento da cana é menor que o aumento de gastos devido ao uso do carregamento mecânico ao invés do manual;
- (b) O custo unitário de corte manual da cana "enfeixada na palha" tende a decrescer com um aumento no rendimento cultural, até certo nível. Por outro lado, o custo unitário de corte manual da cana "sôlta queimada", não se encontra significativamente relacionado com o rendimento cultural.
- (c) No carregamento mecânico, quando aumenta o número de toneladas líquidas carregadas, o custo unitário desse processo diminui, sendo os decréscimos marginais cada vez menores.

5.2.2.2 - Transporte de cana:

- (a) O custo unitário de transporte em caminhões alugados às empresas encontra-se correlacionado positivamente com o aumento da distância percorrida por viagem entre a lavoura e a esteira da usina.
- (b) No transporte de cana, quando aumenta a distância percorrida por viagem entre a lavoura e a esteira da usina, diminuem os custos médios por quilômetro tanto em caminhões alugados como em caminhões pertencentes às empresas, sendo os decréscimos marginais cada vez menores.

5.3 - Sugestões para futuras pesquisas:

É de se sugerir que em futuras pesquisas fôsem incluídos outros aspectos não abarcados neste estudo. Entre êsses aspectos, destacam-se:

- (a) análise mais ampla de todos os processos utilizados na colheita de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. O levantamento incluiria emprêsas canavieiras localizadas nas principais zonas produtoras do Estado, tanto de propriedade de usinas como de fornecedores e levaria em conta outros processos não considerados no presente trabalho, isto é, o corte mecânico e os processos de transporte com tração e carretas, em carroção e em vagões. Destacar-se-ia, como ponto principal, a análise do custo de corte mecânico com a finalidade de indicar quais as vantagens sócio-econômicas desse processo nas condições de operação nas emprêsas. A necessidade de tal análise se faz sentir quando se considera que a mecanização do corte em muito contribuiria para diminuir a variação estacional da demanda de mão-de-obra em emprêsas canavieiras.

- (b) análise dos processos de colheita onde pudessem ser controlados, experimentalmente, os fatores destacados como principais responsáveis pelas alterações nos respectivos custos. Nesse sentido, as Estações Experimentais de Cana-de-Açúcar poderiam contribuir expressivamente na consecução de tais estudos.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

5.1. Summary

The principal objective of this study was a comparative analysis of the different processes employed in each phase of harvesting sugar cane. The principal factors associated with the cost of cutting, loading and transporting were identified. Also, the possible economic advantages of substitution between the processes were considered.

The subject is particularly interesting when the importance of the cost of harvesting is considered relative to the total cost of producing sugar cane and the importance of the sugar cane industry in Brasil, especially in the State of São Paulo.

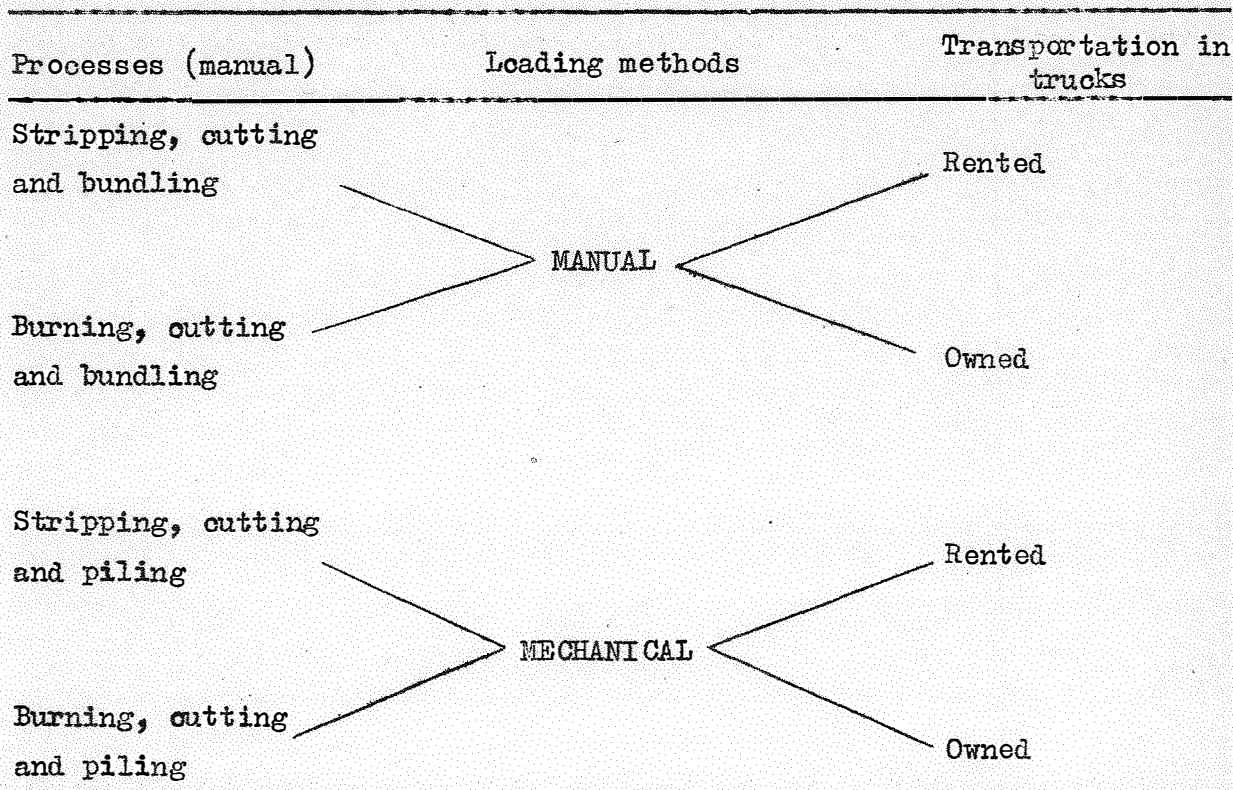
The data were obtained through means of direct interviews using questionnaires. The sample included 32 sugar cane growers and four sugar cane mills (the four mills were supplied by sugar cane from both the property and from other properties) located in the "sugar cane zone of Piracicaba" which includes the Municípios (roughly corresponding to counties) of Piracicaba, Capivari and Raffard in the State of São Paulo. This study refers to the cane harvested during the period of June-December 1966.

It was determined whether a significant difference existed between: (a) The cost per unit (NCr\$/T)* of manually harvesting the cane when: the cane is stripped then cut and tied in small bundles; when the cane is burned then cut and tied in small bundles; when the cane is stripped then cut and piled; and when the cane is burned then cut and piled. (b) The cost per unit (NCr\$/T) of manually versus mechanically loading sugar cane on trucks. (c) The cost per unit (NCr\$/T) of the different associated with manual cutting and loading sugar cane. (d) The average

* A unit refers to one ton. Ton as used here, refers to one net ton of sugar cane delivered to the sugar mill free of foreign material.

cost per kilometer of transporting cane (NGr\$/1,000 T/Km) with rented trucks as compared with trucks owned by the producer. (see the following schematic presentation)

Schematic presentation of the processes considered in the harvesting of sugar cane



The statistical test used in the comparisons in (a), (b) and (c) was the Snedecor "F" test using a model corresponding to an experiment with incomplete blocks. The different processes of harvesting were considered as treatments and the different producers (sugar mills or cane growers) as blocks. The "F" test was used to determine whether a significant difference existed between the averages of the treatments, adjusted for blocks, and also the averages of the blocks, adjusted for treatments.

In the other comparison (d) the "F" test was used to test for significant differences between the processes, considering the data as completely randomized since each producer used only one of the two methods of transportation.

The principal factors associated with the cost of the different harvesting processes were identified by regression equations whose parameters were estimated by the method of least squares. The level of significance of the estimated regression coefficients was determined by the Student "t" test and the significance of the coefficient of determination by the "F" test.

The models used were:

Model I(a) and Model I(b) - Cost per unit of manual harvesting.

$$C_{ep} = a_1 + b_1 X_1 + c_1 X_1^2 \quad (a)$$

$$C_{sq} = a_2 + b_2 X_2 + c_2 X_2^2$$

where:

C_{ep} = Cost per unit of manually harvesting cane by stripping then cutting and bundling, in NCr\$/T.

X_1 = Production of cane harvested by stripping then cutting and bundling, in T/ha.

C_{sq} = Cost per unit of manually harvesting cane by burning then cutting and piling, in NCr\$/T.

X_2 = Production of cane harvested by burning then cutting and piling, in T/ha.

Model II - Cost per unit for manual loading.

It was assumed that the cost per unit for manual loading does not vary with the number of tons loaded, therefore, the cost was determined by the weighted average cost per unit (CP_{ma}) for loading manually, in NCr\$/T loaded.

Model III - Cost per unit for mechanical loading.

$$C_{me} = a_3 + b_3 \frac{1}{T_{me}}$$

where:

C_{me} = Cost per unit for mechanical loading, in NCr\$/T.

T_{me} = Quantity of cane loaded mechanically, in tons.

Model IV - Cost per unit for transportation with trucks rented by the producer.

$$C_{ta} = a_4 + b_4 K_{ta}$$

where:

C_{ta} = Cost per unit for transportation with trucks rented by the producer, in NCr\$/T transported.

K_{ta} = Distance travelled per trip with trucks rented by the producer, in kilometer travelled (round trip).

Model V(a) and Model V(b) - Average cost per kilometer for transportation using rented trucks and trucks owned by the producer.

$$CM_{ta} = a_5 + b_5 \frac{1}{K_{ta}} \quad (a)$$

$$CM_{tp} = a_6 + b_6 \frac{1}{K_{tp}} \quad (b)$$

where:

CM_{ta} = Average cost per kilometer travelled with trucks rented by the producer, in NCr\$/1,000 T/Km.

CM_{tp} = Average cost per kilometer travelled with trucks owned by the producer, in NCr\$/1,000 T/Km.

K_{ta} = Average distance travelled per trip with trucks owned by the producer, in kilometers travelled (round trip).

The calculations necessary for the statistical analysis of the data were made in the Electronic Computer Center at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo State University.

5.2. Conclusions

5.2.1. Specific conclusions

5.2.1.1. For cane growers with a physical production of less than 6,100 tons per harvest, it is recommended that they use manual loading because this process results in a lower cost per unit than mechanical loading.

5.2.1.2. The cost per unit of manual harvesting of cane by stripping then cutting, bundling and loading does not differ significantly from cane harvested manually by burning then cutting, bundling and loading.

5.2.1.3. The per unit cost of manually harvesting sugar cane by stripping then cutting and bundling is least when the yield is about 66 tons per hectare.

5.2.1.4. For cane growers with total production equal to, or greater than, 6,100 per harvest, it is recommended that they mechanically load the cane because this method results in a cost per unit less than manual loading.

5.2.1.5. The cost per unit of mechanically loading cane which has been stripped, cut and piled does not differ from mechanically loading cane which has been burned, cut and piled.

5.2.1.6. The cost per unit of manually harvesting burned cane is not related significantly to the yield of cane.

5.2.1.7. The cost per unit of manually harvesting, bundling and loading unburned cane is not significantly different from the cost per unit of manually harvesting and mechanically loading burned cane.

5.2.1.8. The cost per unit of manually harvesting, bundling and loading burned cane is the least cost method for harvesting and loading of the four methods studied and is significantly different from the cost per unit of mechanically loading piled cane, either burned or unburned.

5.2.1.9. The cost per unit of transporting cane with rented trucks increases by NCr\$ 0.30 per ton transported for each additional five kilometers travelled between the field and the mill.

5.2.1.10. The average cost per kilometer of transporting cane with rented trucks is significantly less than the average cost of using trucks owned by the producer.

5.2.1.11. The average cost per kilometer for transporting cane with rented trucks becomes greater than the average cost for using privately owned trucks when the distance to the sugar mill is greater than 55 kilometers.

5.2.2. General conclusions

5.2.2.1. Manual harvesting and loading of sugar cane:

(a) When the processes of manual harvesting and loading are considered complimentary, it is evident that the savings realized from not bundling

is less than the added cost of loading mechanically instead of manually.

(b) The cost per unit of manually harvesting unburned cane tends to decrease as the production per hectare increases, at least to a certain level. On the other hand, the cost per unit of manually harvesting burned cane is not significantly related to the per hectare level of production.

(c) The cost per unit of mechanically loading cane decreases as the volume of cane loaded increases, however, at a diminishing rate.

5.2.2.2. Transportation of sugar cane.

(a) The cost per unit of rented trucking is positively correlated with the increase in the distance between the sugar fields and the sugar mill.

(b) Transportation costs per kilometer, whether with rented or privately owned trucks, decreases with an increase in distance travelled, however, at a diminishing rate.

5.3. Suggestions for future research

In consideration of the economic importance of the harvesting of sugar cane, the following aspects, not included in the present study, are suggested for future research.

5.3.1. A more inclusive analysis of all the possible processes utilized in the harvesting of sugar cane in the State of São Paulo. This study should include sugar farms located in the principal cane producing areas of the state, including both properties which are part of sugar mills as well as private farms, and should take into account other processes not considered in the present study. For example, mechanical harvesting and other process of transportation such as tractor and wagon, ox cart

and dump carts should be considered. The principal focus should be on the analysis of mechanical harvesting, with the objective of deliniating the social-economic advantages of this process within the specific conditions of the farm enterprise. The necessity of this type of analysis is more evident when one considers the contribution mechanical harvesting can make to diminish the seasonal variation in the demand for labor on sugar farms.

5.3.2. An analysis of the harvesting processes where the important factors affecting differences in the costs of these processes could be experimentally controlled. Sugar cane experiment stations may be able to contribute to this type of a study.

B I B L I O G R A F I A

1. AZZI, G.M. Considerações sobre a Eficiência do Trabalho Mecanizado na Cultura de Cana-de-Açúcar. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira. Piracicaba I: 96-102, 1960.
2. ARRUDA, H. Custo de Produção e Renda da Cana-de-Açúcar na Região Canavieira de Piracicaba. São Paulo Agrícola, 2 (13): 22-23, 1960.
3. ASSOCIAÇÃO DE USINEIROS DE SÃO PAULO. Sinopse Estatística do Açúcar e do Alcool. São Paulo, 1965.
4. ARAUJO, P.F.C. de, e J.J.C.Engler. Aspectos Dominantes da Estrutura Agrária no Município de Piracicaba. Série Pesquisa nº 5. Piracicaba: Departamento de Economia, ESALQ/USP, 1967.
5. BARBIN, D.A. A Herdabilidade do Pêso aos Dezoito Meses do Gado Canchim. Tese de Doutorado não publicada. Piracicaba, ESALQ/USP, 1968.
6. BEMELMANS, P.F. Custo de Produção de Milho no Município de Viçosa e Suas Relações Econômicas, Ano Agrícola 1960-1961. Tese de M.S. não publicada. Viçosa, UREMG, 1964.
7. CESTA NETTO, F. Sugestões sobre a Mecanizações da Colheita de Canas: Corte, Carregamento e Transporte. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira. Piracicaba I: 61-64, 1960.
8. CORRÊA, A.A.H. Análise do Custo do Uso da Maquinaria Agrícola. Piracicaba, ESALQ/USP, s.d.
9. DRAPER, N. e H. Smith. Applied Regression Analysis. 3th ed. New York, John Wiley, 1967.

10. ENGLER, J.J.C., A.G.Zagatto e P.F.C.Araújo. Produtividade de Recursos e Rendimento Ótimo da Lavoura Canavieira, Referentes a Proprietários, Arrendatários e Parceiros. Materiais de Ensino para Reforma Agrária nº 4. Piracicaba, ESALQ/USP-IICA/CIRA, PCF 206 da OEA, 1965.
11. EPTORI, O.J.Thomazini et alii. Custo de Produção de Cana-de-Açúcar Industrial Produzida Pelos Fornecedores Cotistas em São Paulo. Agricultura em São Paulo, 1/2 (15): 33-54. 1968.
12. EZEKIEL, M. e K.A.Fox. Methods of Correlation and Regression Analysis - Linear and Curvilinear. New York, 3th. ed. John Wiley, 1959.
13. FEDERAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DO BRASIL. Comissão de Defesa da Lavoura Canavieira. Estrutura de Custos e Preços da Tonelada de Cana. Rio de Janeiro, 1968.
14. FAIRBANKS, J.N. Handling and Transporting Sugar Cane in Luisiana: A Comparison of Three Systems. Am. Sugar Cane League of the U.S.A. Inc., 1965.
15. HOEL, P.C. Estatística Elementar. Rio de Janeiro, Ed. Fundo de Cultura, 1963.
16. HOFFMANN, R. Análise de Regressão e Suas Aplicações Econométricas. Série Didática nº 21. Piracicaba: Departamento de Economia, ESALQ/USP, 1969.
17. INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. Cultura e Adubação de Cana-de-Açúcar. São Paulo, Editora Peri Ltda, 1964, pp. 27-61 e 170-177.

18. JUNQUEIRA, A.A. Cana-de-Açúcar. Custo de Produção e Análise da Renda - Safras de 1962/63 e 1963/64. Agricultura em São Paulo, 6 (11): 40-56, 1964.
19. KALIL, E.B. e H.A. Leme. Estudo Econômico e Agrícola da Colhedeira de Cana-de-Açúcar na Região de Piracicaba. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira. Piracicaba I: 29-31, 1960.
20. KERCHNER, Costs of Transporting Bulk and Packaged Milk by Truck. Marketing Res. Rep., nr. 791. Washington, Dep.Agric.Economic Res. Serv., 1967.
21. LEME, H.A. Custo da Aradura com Trator. Agricultura. Piracicaba. 24 (10-12): 345-360. 1964.
22. MELLO MORAIS F^{ca}, J.de. Custo e Rentabilidade Para os Fornecedores de Cana-de-Açúcar do Município de Piracicaba na Safra 1963/64. Boletim Técnico Científico nº 25, Piracicaba: ESALQ/USP, 1965.
23. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Departamento Econômico. Serviço de Estatística da Produção, IBGE. Produção Agrícola, 1966. Rio de Janeiro, 1966.
24. OLIVEIRA, E.R. de. O Corte de Cana-de-Açúcar. Instituto Zimotécnico, USP. III Semana de Fermentação Alcoólica. Piracicaba, I: 46-56, 1962.
25. OMETTO, D.A. Considerações sôbre o Transporte de Cana-de-Açúcar. Instituto Zimotécnico, USP. III Semana de Fermentação Alcoólica. Piracicaba, I: 57-63, 1962.

26. PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 3ª ed.: 29-78; 230-270. Piracicaba, ESALQ/USP, 1966.
27. _____. The Solution of Normal Equations of Experimental Designs Models. Ciência e Cultura 19:567-573. Rio de Janeiro, 1967.
28. _____. The Solution of Normal Equations of Experiments in Incomplete Blocks. Ciência e Cultura. Rio de Janeiro, 1968. (em publicação).
29. POWELL, L.A. et alii. The Income Implications of Acreage Control for Blue-Cured Tobacco Producers. Univ. Flórida, Tech. Bull. 643, 1962, pp. 45-46.
30. ROCHA, D.S. Custo de Beneficiamento e Transporte de Leite em Dezoito Usinas. Minas Gerais, 1963. Tese de M.S. não publicada. Viçosa, UREMG, 1965.
31. SAAD, O. Estudo Comparativo dos Diferentes Processos de Transporte de Cana-de-Açúcar. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira, Piracicaba, I: 51-58, 1960.
32. STIGLER, G.J. A Teoria do Preço: Análise Microeconômica. Trad. 3ª ed. ingl: 110-178. São Paulo, Editôra Atlas S.A., 1968.
33. TÔRRES DE CARVALHO, P.C. Reflexos Sociais da Mecanização das Empresas Agro-Mercantis da Região Canavieira de Piracicaba. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira, Piracicaba, I: 128-137, 1960.

34. TÔRRES DE CARVALHO, P.C. Aspectos Sociais da Tratorização das Usinas Agrícolas Familiares da Região Canavieira de Piracicaba. Ata do I Simpósio Nacional de Tratorização da Cultura Canavieira. Piracicaba, I: 117-127, 1960.
35. VAZ, C.A. Estudo Comparativo das Trações Animal e Mecânica nas Capinas de Cana-de-Açúcar. Recife, GERAN nº 6, 1967.
36. ZAGATTO et alii. Administração Rural. Série Didática nº 6. Piracicaba, Departamento de Economia, ESALQ/USP, 1966.

A P Ê N D I C E 1

Produção de açúcar e de álcool nos mu-
nicípios de Piracicaba, Capivari e
Raffard, Estado de São Paulo,
Safrá 1966/67

A. Município de Piracicaba*, Estado de São Paulo, Safras 1956/57 a 1965/66

Safra	Açúcar (1000 sacas de 60 kg)	Participação Porcentual na Produção Paulista	Alcool (kl)	Participação Porcentual na Produção Paulista
1956/57	1.195,84	9,14	8.296,9	8,78
1957/58	1.454,68	8,09	18.793,7	9,75
1958/59	1.453,54	5,69	19.878,7	8,48
1959/60	1.763,26	8,43	18.405,8	7,42
1960/61	1.977,34	8,25	20.168,3	7,65
1961/62	1.885,52	7,99	16.333,0	7,54
1962/63	1.619,06	6,74	13.712,9	7,21
1963/64	1.434,59	6,15	10.658,5	4,24
1964/65	1.496,78	5,58	7.800,9	3,99
1965/66	2.706,15	6,43	23.262,8	5,80

* Usinas produtoras: Costa Pinto, Modelo, Monte Alegre, Piracicaba e Santo Antônio S.A.

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

B. Municípios de Capivari e Raffard*, Estado de São Paulo, Safras 1956/57 a 1965/66.

Safra	Açúcar (1000 sacas de 60 kg)	Participação Porcentual na Produção Paulista	Alcool (kl)	Participação Porcentual na Produção Paulista
1956/57	1.271,99	9,72	4.312,8	4,56
1957/58	719,18	4,00	10.115,1	5,25
1958/59	997,50	3,90	11.188,9	4,77
1959/60	848,16	4,06	12.485,2	5,04
1960/61	965,48	4,03	10.989,1	4,17
1961/62	961,38	4,07	7.590,7	3,50
1962/63	971,40	4,04	6.757,4	3,56
1963/64	848,15	3,64	8.038,3	3,20
1964/65	961,09	3,58	6.391,4	3,27
1965/66	1.606,57	3,82	12.871,8	3,21

* Usinas produtoras: Bom Retiro, Santa Cruz S.A., São Bento e Raffard.

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

A P Ê N D I C E 2

Cana moída proveniente da cultura pró-
pria de usinas e seus acionistas e
de "fornecedores", Municípios de Pi-
racicaba, Capivari e Raffard, Estado
de São Paulo, Safra 1966/67.

A. Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Safra 1965/66.

Safra	"Fornecedor" (t)	Participação Porcentual na Produção dos Municípios	Usina * (t)	Participação Porcentual na Produção dos Municípios
1956/57	408.587	76,26	339.025	23,74
1957/58	570.186	55,78	431.992	44,22
1958/59	680.407	51,55	639.482	48,45
1959/60	634.066	56,95	479.276	43,05
1960/61	674.395	51,26	563.300	48,74
1961/62	565.019	49,26	581.895	50,74
1962/63	515.921	49,45	527.376	50,55
1963/64	532.978	56,95	402.874	43,05
1964/65	449.588	46,36	520.077	53,64
1965/66	1.153.894	67,23	562.396	32,77

* Usinas produtoras: Costa Pinto, Modêlo, Monte Alegre, Piracicaba e Santo Antônio S.A.

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

B. Municípios de Capivari e Raffard. Estado de São Paulo, Safra 1966/67

Safra	"Fornecedor" (t)	Participação Porcentual na Produção dos Municípios	Usina * (t)	Participação Porcentual na Produção dos Municípios
1956/57	167.480	42,07	230.610	57,93
1957/58	258.236	54,17	218.436	45,83
1958/59	372.009	53,58	322.230	46,42
1959/60	310.541	52,67	279.052	47,33
1960/61	313.403	49,19	323.695	50,81
1961/62	253.505	42,42	343.962	57,58
1962/63	358.157	57,22	267.768	42,38
1963/64	276.027	50,44	271.150	49,56
1964/65	303.251	48,77	318.508	51,23
1965/66	529.962	52,72	475.263	47,28

* Usinas produtoras: Bom Retiro, Santa Cruz S.A., São Bento e Raffard.

Fonte: Instituto do Açúcar e do Alcool. Delegacia Regional em São Paulo.

A P Ê N D I C E 3

Volume total de produção das emprêsas
canavieiras, Municípios de Piracicaba,
Capivari e Raffard, Estado de
São Paulo, Safra 1966/67

Volume total de produção das empresas canavieiras.

Municípios de Capivarí e Raffard		Município de Piracicaba	
Empresa	Volume de Produção (toneladas líquidas)	Empresa	Volume de Produção (toneladas líquidas)
1	15.495,980	17	6.965,570
2	15.200,000	18	4.684,770
3	11.450,322	19	2.426,542
4	11.349,629	20	1.431,053
5	8.650,698	21	819,381
6	6.520,464	22	718,250
7	6.025,426	23	515,051
8	4.660,039	24	400,000
9	3.496,324	25	381,195
10	3.483,826	26	389,638
11	3.419,240	27	339,929
12	3.030,616	28	896,756
13	2.695,146	29	237,304
14	2.480,991	30	212,874
15	3.050,000	31	159,384
16	2.596,431	32	4.828,280
	<u>103.605,132</u>	33	168.436,830
		34	94.608,008
		35	123.028,560
		36	33.122,890
			<u>352.636,695</u>

A P Ê N D I C E 4

Corte de cana-de-açúcar, Municípios
de Piracicaba, Capivarí e Raíffard, Es
tado de São Paulo, Safra 1966/67

A. Custo unitário dos respectivos sub-processos de corte manual. Cana "enfeixada na palha" (C_{ep}), "enfeixada queimada" (C_{eq}), "sôlta na palha" (C_{sp}) e "sôlta queimada" (C_{sq}).

Empresa	C_{ep} (NGr\$/t)	C_{eq} (NGr\$/t),	C_{sp} (NGr\$/t)	C_{sq} (NGr\$/t)
1			0,74	0,54
2	1,42			0,63
3			1,06	0,66
4			1,05	0,51
5			1,22	0,51
6		1,30	1,20	0,95
7	1,40		1,04	0,75
8		1,30		
9			1,20	0,85
10		1,10		0,67
11			1,23	0,99
12	1,30	1,25	1,10	0,63
13		1,04		0,83
14		1,10		0,87
15			1,10	0,52
16	1,35			0,90
17	1,44	1,11		
18	1,26	1,14		
19	1,57			
20	1,54			
21	1,24			
22	1,30			
23	1,55			
24	1,59			
25	1,30			
26	1,65			
27	1,77			
28	1,56			
29	1,40			
30	1,35			
31	1,62			
32	1,36	1,11		
33	1,59	1,03	0,95	0,67
34	1,43	1,16		
35		0,97		0,65
36	1,22	1,06		0,51

B. Raízes quadradas dos valores de custo unitário dos sub-processos de corte manual.

Empresa	$\sqrt{C_{ep}}$	$\sqrt{C_{eq}}$	$\sqrt{C_{sp}}$	$\sqrt{C_{sq}}$
	($\sqrt{N\text{Cr}\$/t}$)	($\sqrt{N\text{Cr}\$/t}$)	($\sqrt{N\text{Cr}\$/t}$)	($\sqrt{N\text{Cr}\$/t}$)
1			0,8602	0,7348
2	1,1916			0,7937
3			1,0296	0,8124
4			1,0247	0,7141
5			1,1045	0,7141
6		1,1402	1,0954	0,9747
7	1,1832		1,0198	0,8660
8		1,1402		
9			1,0954	0,9219
10		1,0488		0,8185
11			1,1090	0,9950
12	1,1402	1,1180	1,0488	0,7937
13		1,0198		0,9110
14		1,0488		0,9327
15			1,0488	0,7211
16	1,1619			0,9487
17	1,2000	1,0536		
18	1,1225	1,0677		
19	1,2530			
20	1,2410			
21	1,1130			
22	1,1402			
23	1,2450			
24	1,2610			
25	1,1402			
26	1,2845			
27	1,3304			
28	1,2490			
29	1,1832			
30	1,1619			
31	1,2728			
32	1,1662	1,0536		
33	1,2610	1,0149	0,9747	0,8155
34	1,1958	1,0770		
35		0,9849		0,8062
36	1,1045	1,0296		0,7141

Média geral: $\hat{m} = 1,0431$

C. Rendimento cultural de cana cortada "enfeixada na palha" (X_1) e "sôlta queimada" (X_2)

Emprêsa	X_1 (t/ha)	X_2 (t/ha)
1		41,909
2	62,373	37,747
3		88,984
4		86,821
5		43,737
6		46,319
7	52,527	61,635
8		
9		49,086
10		55,499
11		45,804
12		
13		37,828
14		51,240
15		67,982
16	40,602	43,318
17	83,587	
18		
19	29,931	
20	63,930	
21	48,370	
22	58,780	
23	42,566	
24	33,058	
25	43,982	
26	32,200	
27	28,093	
28	53,055	
29	94,922	
30	42,644	
31	18,817	
32	36,762	
33	38,479	52,549
34		
35		63,700
36	48,880	48,883

A P Ê N D I C E 5

Carregamento de cana-de-açúcar, Municípios de Piracicaba, Capivari e Raffard, Estado de São Paulo, Safra 1966/67

A. Carregamento manual. Toneladas carregadas (T_{ma}), custo unitário (C_{ma}), custo total por empresa (CT_{ma}) e custo unitário ponderado (CP_{ma}).

Empresa	T_{ma} (t)	CT_{ma} (NCr\$)	C_{ma} (NCr\$/t)
2	4.000,000	1.112,00	0,28
6	500,000	100,00	0,20
7	253,000	74,38	0,29
8	300,000	99,00	0,33
10	1.872,169	771,33	0,41
12	303,000	48,64	0,16
13	681,000	169,57	0,25
14	600,000	144,68	0,24
16	363,546	58,89	0,16
17	6.965,570	835,87	0,12
18	4.684,770	515,32	0,11
19	2.426,542	358,80	0,15
20	1.431,053	170,29	0,12
21	819,381	99,96	0,12
22	718,250	86,90	0,12
23	515,051	92,71	0,18
24	400,000	48,00	0,12
25	381,195	65,02	0,17
26	389,638	54,55	0,14
27	339,929	54,39	0,16
28	896,756	115,68	0,13
29	237,304	37,97	0,16
30	212,874	28,95	0,14
31	159,384	26,94	0,17
32	4.828,280	1.400,20	0,29
33	19.469,880	6.619,76	0,34
34	58.383,999	33.135,10	0,57
35	6.911,700	2.137,57	0,31
36	5.406,316	643,35	0,12

$$CP_{ma} = \frac{\sum CT_{ma}}{\sum T_{ma}} = \frac{49.105,82}{124.450,587} = 0,39$$

B. Carregamento mecânico. Composição do custo fixo anual (CF_{me}). Trator e Carregadeira.

Emprê sa	Valor Estimado de Revenda (M_t) (NGr\$)	TRATOR		Juros ($M_t \cdot 0,12$) (NGr\$)	Custo Fixo Anual (CF_t) (NGr\$)
		Anos de Vida Útil (A_t)	Depreciação $\frac{M_t}{A_t}$ (NGr\$)		
1	13.000,00	7	1.857,14	1.560,00	3.417,14
1	14.000,00	8	1.750,00	1.680,00	3.430,00
2	12.000,00	7	1.714,28	1.440,00	3.154,28
3	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
4	6.500,00	6	1.083,33	780,00	1.863,33
5	12.000,00	7	1.714,28	1.440,00	3.154,28
6	9.000,00	5	1.800,00	1.080,00	2.880,00
7	6.000,00	8	750,00	720,00	1.470,00
9	6.000,00	4	1.500,00	720,00	2.220,00
10	14.000,00	8	1.750,00	1.680,00	3.430,00
11	8.000,00	5	1.600,00	960,00	2.560,00
12	8.000,00	5	1.600,00	960,00	2.560,00
13	3.000,00	3	1.000,00	360,00	1.360,00
14	7.000,00	6	1.166,67	840,00	2.006,67
15*	8.500,00	7	1.214,28	1.020,00	2.234,28
16	9.000,00	5	1.800,00	1.080,00	2.880,00
33	2.500,00	3	833,33	300,00	1.133,33
33	2.500,00	3	833,33	300,00	1.133,33
33	2.500,00	3	833,33	300,00	1.133,33
33	2.500,00	3	833,33	300,00	1.133,33
33	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
33	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
33	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
33	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
35	8.000,00	5	1.333,33	960,00	2.293,33
35	7.000,00	5	1.400,00	840,00	2.240,00
36	15.000,00	6	2.500,00	1.800,00	4.300,00
36	15.000,00	6	2.500,00	1.800,00	4.300,00

* O carregamento mecânico na empresa nº 8 foi realizado com a mesma máquina utilizada na empresa nº 15.

B. (Continuação)

Emprê sa	Valor Estimado de Venda (M _c) (NGr\$)	Anos de Vida Útil (A _c)	CARREGADEIRA		Juros (M _c • 0,12) (NGr\$)	Custo Fixo Anual (CF _c) (NGr\$)
			Depreciação M _c ($\frac{M_c}{A_c}$) (NGr\$)			
1	3.500,00	6	583,33		420,00	1.003,33
1	4.000,00	7	571,43		480,00	1.051,43
2	6.000,00	8	750,00		720,00	1.470,00
3	2.500,00	5	500,00		300,00	800,00
4	2.500,00	5	500,00		300,00	800,00
5	6.000,00	8	750,00		720,00	1.470,00
6	6.000,00	8	750,00		720,00	1.470,00
7	4.000,00	7	571,43		480,00	1.051,49
9	4.500,00	10	450,00		540,00	990,00
10	6.000,00	12	500,00		720,00	1.220,00
11	3.500,00	7	500,00		420,00	920,00
12	6.400,00	12	533,33		768,00	1.301,33
13	5.373,00	13	413,31		645,00	1.058,31
14	4.000,00	10	400,00		480,00	880,00
15	3.600,00	6	600,00		432,00	1.032,00
16	3.500,00	9	388,89		420,00	808,89
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
33	5.000,00	6	833,33		600,00	839,33
35	4.000,00	7	571,43		480,00	1.051,43
35	6.400,00	12	533,33		768,00	1.301,00
35	1.000,00	4	250,00		120,00	370,00
35	1.000,00	6	166,67		120,00	286,67
36	4.000,00	7	571,43		480,00	1.051,43
36	4.000,00	7	571,43		480,00	1.051,43

C. Carregamento mecânico. "Custo fixo-safra" (CFS_{me}), trator (CFS_t) e carregadeira (CFS_c)

Empré- sa	TRATOR			CARREGADEIRA		CUSTO FIXO-SAFRA (CFS _{me}) (N Cr\$)
	Nº de Máqui- nas	Custo Fixo Anual (CFS _t) (N Cr\$)	Horas de Uso Efetivo na Safra (H _s)	Nº de Máqui- nas	Custo Fixo Anual (CFS _c) (N Cr\$)	
1	2	6.847,14	1.602	2	2.054,76	8.901,90
2	1	3.154,28	1.137	1	1.470,00	4.624,28
3	1	1.920,00	1.216	1	800,00	2.720,00
4	1	1.863,33	997	1	800,00	2.633,33
5	1	3.154,28	895	1	1.470,00	3.995,12
6	1	2.880,00	674	1	1.470,00	3.198,51
7	1	1.470,00	617	1	1.051,43	1.933,71
9	1	2.220,00	376	1	990,00	1.656,18
10	1	3.430,00	200	1	1.220,00	1.906,00
11	1	2.560,00	364	1	920,00	1.688,00
12	1	2.560,00	309	1	1.301,33	2.071,85
13	1	1.360,00	229	1	1.058,31	1.330,31
14	1	2.006,67	214	1	880,00	1.281,33
15	1	2.234,28	766	1	1.032,00	2.596,40
16	1	2.880,00	252	1	808,89	1.384,89
33	8	12.213,32	7.484	8	11.466,64	23.679,96
35	2	4.533,33	5.090	4	3.009,43	7.542,76
36	2	8.600,00	2.074	2	2.102,86	10.702,86

D. Carregamento mecânico. Custo fixo-safra (CFS_{me}), custo variável (CV_{me}), custo variável ponderado (CVP_{me}), toneladas carregadas (T_{me}), custos unitários (C_{me}).

Empré sa	Componentes do Custo Variável			Custo Variável vel (CV _{me}) (NCr\$)	Custo Fixo de safra (CFS _{me}) (NCr\$)	Custo Total (CT _{me}) (NCr\$)	Toneladas Líquidas Carregadas (T _{me})	Custo Uni tário (C _{me}) (NCr\$/t)
	Mão-de-Obra (NCr\$)	Reparos (NCr\$)	Combustível Lubrifican- tes e Graxa (NCr\$)					
1	2.049,94	1.500,00	1.488,25	5.038,19	8.901,90	13.940,09	15.495,980	0,899
2	1.800,00	500,00	1.161,56	3.461,56	4.624,28	8.085,84	11.200,000	0,722
3	1.514,67	1.181,58	491,22	3.187,47	2.720,00	5.907,47	11.450,322	0,516
4	1.135,32	1.306,29	434,82	2.876,43	2.633,33	5.509,76	11.349,629	0,485
5	1.100,00	2.110,00	962,82	4.172,82	3.995,12	8.167,94	8.650,698	0,944
6	800,00	750,00	563,05	2.113,05	3.198,51	5.311,56	6.020,000	0,882
7	1.751,93	1.560,00	457,83	3.769,76	1.933,71	5.703,47	5.772,000	0,988
9	798,75	300,00	443,49	1.542,24	1.656,18	3.198,42	3.496,324	0,915
10	480,00	600,00	152,80	1.232,80	1.906,00	3.138,80	1.611,693	1,947
11	920,00	560,00	271,74	1.751,74	1.688,00	3.439,74	3.419,240	1,006
12	916,32	850,00	382,66	2.148,98	2.071,85	4.220,83	2.727,000	1,548
13	838,43	420,00	294,14	1.552,57	1.330,31	2.882,88	2.014,000	1,431
14	809,32	850,00	342,36	2.001,68	1.281,33	3.283,01	1.880,000	1,746
15	600,00	600,00	731,00	1.931,00	2.596,40	4.527,40	7.410,039	0,611
16	660,00	1.060,00	353,82	2.073,82	1.384,89	3.458,71	2.232,885	1,549
33	20.631,17	8.709,54	13.125,39	42.466,10	23.679,96	66.146,06	148.976,950	0,444
35	4.935,80	4.110,00	5.471,71	14.517,51	7.542,76	22.060,27	52.709,360	0,418
36	3.306,49	3.000,00	1.676,60	7.983,09	10.702,86	18.685,95	27.716,574	0,674
TOTAL	45.048,14	29.967,41	28.805,26	103.820,81	83.847,39	187.668,20	324.132,694	

$$CVP_{me} = \frac{\sum CV_{me}}{\sum T_{me}} = \frac{187.668,20}{324.132,694} = 0,32$$

E. Carregamento. Raízes quadradas dos valores de custo unitário de carregamento manual e mecânico.

Emprêsa	$\sqrt{\frac{C_{ma}}{N \text{Gr}\$/t}}$	$\sqrt{\frac{C_{me}}{N \text{Gr}\$/t}}$
1		0,9487
2	0,5292	0,8485
3		0,7211
4		0,6928
5		0,9695
6	0,4472	0,9381
7	0,5385	0,9950
8	0,5744	
9		0,9592
10	0,6403	1,3964
11		1,0050
12	0,4000	1,2450
13	0,5000	1,1958
14	0,4899	1,3229
15		0,7810
16	0,4000	1,2450
17	0,3464	
18	0,3317	
19	0,3873	
20	0,3464	
21	0,3464	
22	0,3464	
23	0,4243	
24	0,3464	
25	0,4123	
26	0,3742	
27	0,4000	
28	0,3606	
29	0,4000	
30	0,3742	
31	0,4123	
32	0,5385	
33	0,5831	0,6633
34	0,7550	
35	0,5568	0,6481
36	0,3464	0,8185

Média geral: $\hat{m} = 0,6447$

F. Raízes quadradas dos valores de custo unitário das operações de corte manual e carregamento associadas.

Empresa	$\sqrt{\frac{C_{ep} + C_{ma}}{N\text{Cr}\$/t}}$	$\sqrt{\frac{C_{eq} + C_{ma}}{N\text{Cr}\$/t}}$	$\sqrt{\frac{C_{sp} + C_{me}}{N\text{Cr}\$/t}}$	$\sqrt{\frac{C_{sq} + C_{me}}{N\text{Cr}\$/t}}$
1			1,2806	1,2000
2	1,3040			1,1619
3			1,2570	1,0863
4			1,2369	0,9958
5			1,4697	1,2042
6		1,2247	1,4422	1,3528
7	1,3000		1,4248	1,3191
8		1,2767		
9			1,4560	1,3304
10		1,2288		1,6186
11			1,4967	1,4122
12	1,2083	1,1874	1,6310	1,4799
13		1,1358		1,5033
14		1,1576		1,6186
15			1,3077	1,0630
16	1,2288			1,5652
17	1,2490	1,1090		
18	1,1705	1,1180		
19	1,3115			
20	1,2870			
21	1,1662			
22	1,1916			
23	1,3150			
24	1,3077			
25	1,2124			
26	1,3379			
27	1,3892			
28	1,3000			
29	1,2490			
30	1,2207			
31	1,3379			
32	1,2845	1,1832		
33	1,3892	1,1705	1,1790	1,0536
34	1,4142	1,3153		
35		1,1314		1,0344
36	1,1576	1,0863		1,0863

Média geral: $\hat{m} = 1,2758$

A P Ê N D I C E 6

Transporte de cana-de-açúcar, Municí-
pios de Piracicaba, Capivari e Raffard,
Estado de São Paulo, Safra 1966/67

A. Transporte com caminhões alugados às Empresas. Custo unitário (C_{ta}), custo médio por quilômetro (CM_{ta}), distâncias percorridas por viagem (K_{ta})

Empresa	Custo Unitário (C_{ta}) (N Cr\$/t)	Quilômetros por Viagem (K_{ta})	Custo Médio por quilômetro de viagem (CM_{ta}) (N Cr\$/1000 t/km)
3	1,48	10	148
3	1,69	18	94
3	1,56	13	120
4	1,32	16	82
4	1,80	24	75
4	1,56	20	78
8	2,00	24	83
8	2,70	50	54
8	2,62	47	56
15	2,00	24	83
15	1,70	24	71
17	2,00	40	50
17	2,20	52	42
17	3,00	66	45
17	2,28	46	48
18	1,89	16	118
23	1,12	8	140
24	2,08	20	104
25	1,40	10	140
26	1,56	14	111
27	1,30	12	108
28	1,70	24	71
30	1,30	12	108
31	1,50	12	125
32	1,66	36	46
32	1,48	28	53
32	3,00	60	50
32	2,00	48	42
32	1,54	36	43
33	0,60	5	120
33	0,90	15	60
33	1,14	25	46
33	1,53	35	44
33	1,14	24	48
34	0,83	14	59
34	1,30	34	38
34	0,68	8	85
34	0,92	20	46
34	1,38	34	40
34	0,74	8	92
34	1,00	21	48
35	0,71	5	142
35	1,14	15	76
35	1,40	25	56
35	1,66	35	47
35	1,74	26	67

B. Transporte com caminhões pertencentes às empresas. Composição do custo fixo anual (CF_p).

Emprêsa	Valor Estimado de Revenda (M_p) (NGr\$)	Anos de Vida Útil (A_p)	Depreciação $\left(\frac{M_p}{A_p}\right)$ (NGr\$)	Juros ($M_p \cdot 0,12$)	Custo Fixo Anual (CF_p) (NGr\$)
1	5.000,00	3	1.666,67	600,00	2.266,67
1	5.000,00	3	1.666,67	600,00	2.266,67
1	6.000,00	4	1.500,00	720,00	2.220,00
1	7.000,00	5	1.400,00	840,00	2.240,00
1	8.000,00	6	1.333,33	960,00	2.293,33
1	10.000,00	11	909,09	1.200,00	2.109,09
1	10.000,00	11	909,09	1.200,00	2.109,09
2	12.000,00	12	1.000,00	1.440,00	2.440,00
2	12.000,00	12	1.000,00	1.440,00	2.440,00
2	11.000,00	11	1.000,00	1.320,00	2.320,00
2	6.000,00	7	857,14	720,00	1.577,14
2	5.000,00	5	1.000,00	600,00	1.600,00
5	9.000,00	3	3.000,00	1.080,00	4.080,00
5	10.000,00	11	909,09	1.200,00	2.109,09
5	11.000,00	12	916,67	1.320,00	2.236,67
6	5.000,00	5	1.000,00	600,00	1.600,00
6	6.000,00	9	666,67	720,00	1.386,67
6	3.000,00	1	3.000,00	360,00	3.360,00
7	4.000,00	4	1.000,00	480,00	1.480,00
7	4.000,00	3	1.333,33	480,00	1.813,33
9	4.000,00	5	800,00	480,00	1.280,00
9	8.000,00	11	727,27	960,00	1.687,27
10	5.500,00	2	275,00	660,00	935,00
10	11.000,00	11	1.000,00	1.320,00	2.320,00
11	11.000,00	11	1.000,00	1.320,00	2.320,00
11	4.500,00	4	1.125,00	540,00	1.665,00
12	3.000,00	3	1.000,00	360,00	1.360,00
12	8.000,00	11	727,27	960,00	1.687,27
13	3.000,00	3	1.000,00	360,00	1.360,00
13	3.000,00	3	1.000,00	360,00	1.360,00
14	10.000,00	12	833,33	1.200,00	2.033,33
16	5.000,00	6	833,33	600,00	1.433,33
19	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
19	3.000,00	3	1.000,00	360,00	1.360,00

B. (Continuação)

Emprê sa	Valor Estimado de Revenda (M_p) (NGr\$)	Anos de Vida Útil (A_p)	Depreciação ($\frac{M_p}{A_p}$) (NGr\$)	Juros ($M_p \cdot 0,12$)	Custo Fixo Anual (CF_p) (NGr\$)
20	12.000,00	12	1.000,00	1.440,00	2.440,00
21	9.000,00	8	1.125,00	1.080,00	2.205,00
22	6.500,00	8	812,50	780,00	1.592,50
35	2.000,00	1	2.000,00	240,00	2.240,00
35	4.000,00	6	666,67	480,00	1.146,67
35	5.000,00	7	714,29	600,00	1.314,29
36	5.000,00	3	1.666,67	600,00	2.266,67
36	5.000,00	3	1.666,67	600,00	2.266,67
36	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
36	6.000,00	5	1.200,00	720,00	1.920,00
36	7.000,00	6	1.166,67	840,00	2.006,67
36	7.500,00	7	1.071,43	900,00	1.971,43
36	12.000,00	9	1.333,33	1.440,00	2.773,33
36	12.000,00	9	1.333,33	1.440,00	2.773,33

C. Transporte com caminhões pertencentes às empresas. Custo "fixo-safra"
(CFS_p)

Empresa	Número de Caminhões	Custo Fixo Anual (CF _p) (NCr\$)	Quilômetros totais rodados na safra (K _s)	Custo Fixo Safra (CFS _p) (NCr\$)
1	7	15.504,85	31260	8.193,14
2	5	9.897,14	36464	6.281,82
5	3	8.425,76	32576	4.667,98
6	3	6.346,67	15536	4.287,04
7	2	3.293,33	4086	1.882,03
9	2	2.967,27	9182	1.695,64
10	2	3.255,00	5736	1.322,85
11	2	3.985,00	11025	2.061,69
12	2	3.047,27	9236	1.306,13
13	2	2.720,00	3498	848,15
14	1	2.033,33	4428	1.161,90
16	1	1.433,33	2352	819,04
19	2	3.280,00	2392	290,58
20	1	2.440,00	3386	1.529,97
21	1	2.205,00	3706	1.260,10
22	1	1.592,50	1566	415,64
35	3	4.700,96	17350	4.700,96
36	9	17.898,10	57240	17.898,10

D. Transporte com caminhões pertencentes às empresas. Custo "fixo-safra" (CFS_p), custo variável (CV_p), toneladas transportadas (T_p) e custo unitário (C_{tp}).

Empre- sa	Componentes do Custo Variável			Custo Va- riável (CV _p) (NCr\$)	Custo fixo safra (CFS _p) (NCr\$)	Custo total (CV _p + CFS _p) (NCr\$)	Toneladas líquidas transporta- das (T _p)	Custo Uni- tário (C _{tp}) (NCr\$/t)
	Mão-de-obra (NCr\$)	Reparos (NCr\$)	Combustível lubrifican- tes e graxa (NCr\$)					
1	3.192,05	10.436,00	8.261,16	21.889,21	8.193,14	30.082,35	15.495,980	1,94
2	3.000,00	3.753,00	8.200,00	14.953,00	6.281,82	21.234,82	15.200,232	1,40
5	1.800,00	2.216,00	3.775,58	7.791,58	4.667,98	12.459,56	8.650,698	1,44
6	1.000,00	2.148,00	1.873,48	5.021,48	4.287,04	9.308,52	6.520,464	1,42
7	918,00	2.400,00	417,78	3.735,78	1.882,03	5.617,81	6.026,426	0,93
9	256,00	1.244,60	1.178,31	2.678,91	1.695,64	4.374,55	3.496,324	1,25
10	840,00	325,15	1.758,12	2.923,27	1.322,85	4.246,12	3.483,826	1,22
11	1.040,00	207,00	1.391,00	2.638,00	2.061,69	4.699,69	3.419,240	1,38
12	300,00	1.671,60	1.616,89	3.588,49	1.306,13	4.894,62	3.030,616	1,61
13	672,00	155,90	1.452,44	2.280,34	848,15	3.128,49	2.695,146	1,16
14	360,00	115,00	586,31	1.061,31	1.161,90	2.223,21	2.480,991	0,90
16	360,00	914,30	672,57	1.946,87	819,04	2.765,91	2.596,433	1,06
19	900,00	141,80	2.010,00	3.051,80	290,58	3.342,38	2.426,542	1,38
20	480,00	-	276,39	756,39	1.529,97	2.286,36	1.431,053	1,60
21	390,00	57,20	489,61	936,81	1.260,10	2.196,91	819,381	2,68
22	400,00	30,00	170,86	600,86	415,64	1.016,50	718,250	1,42
35	613,74	1.650,00	1.500,00	3.763,74	4.700,96	8.464,70	5.415,790	1,56
36	2.996,41	16.000,00	15.000,00	33.996,41	17.898,10	51.894,24	33.122,890	1,53

E. Transporte com caminhões pertencentes às empresas. Custo médio por quilômetro (CM_{tp}) e distâncias percorridas por viagem (K_{tp}).

Empresa	Custo Unitário (C_{tp}) (NCr\$/t)	Quilômetros por Viagem (K_{tp})	Custo Médio por quilô- metro de Viagem (CM_{tp}) (NCr\$/1000 t/km)
1	1,94	12	162
2	1,40	16	88
5	1,44	24	60
6	1,42	14	101
7	0,93	4	232
9	1,25	18	69
10	1,22	12	102
11	1,38	22	63
12	1,61	19	85
13	1,16	8	145
14	0,90	12	75
16	1,06	6	177
19	1,38	8	172
20	1,60	20	80
21	2,68	34	79
22	1,42	18	79
35	1,56	14	111
36	1,57	25	62

F. Raízes quadradas dos valores de custo médio por quilômetro de transporte em caminhões alugados e em caminhões pertencentes às empresas.

Empresa	$\sqrt{\frac{CM_{ta}}{N \text{Gr}\$/1000 \text{ t/km}}}$	Empresa	$\sqrt{\frac{CM_{tp}}{N \text{Gr}\$/1000 \text{ t/km}}}$
3	12,1655	1	12,7279
3	9,6954	2	9,3808
3	10,9545	5	7,7460
4	9,0554	6	10,0499
4	8,6602	7	15,2315
4	8,8318	9	8,3066
8	9,1104	10	10,0995
8	7,3485	11	7,9372
8	7,4833	12	9,2195
15	9,1104	13	12,0416
15	8,4262	14	8,6602
17	7,0711	16	13,3041
17	6,4807	19	13,1149
17	6,7082	20	8,9443
17	6,9282	21	8,8882
18	10,8628	22	8,8882
23	11,8322	35	10,5357
24	10,1980	36	7,8740
25	11,8322		
26	10,5357		
27	10,3923		
28	8,4262		
30	10,3923		
31	11,1803		
32	6,7823		
32	7,2801		
32	7,0711		
32	6,4807		
32	6,5574		
33	10,9545		
33	7,7460		
33	6,7823		
33	6,6332		
33	6,9282		
34	7,6812		
34	6,1644		
34	9,2195		
34	6,7823		
34	6,3246		
34	9,5917		
34	6,9282		
35	11,9164		
35	8,7178		
35	7,4833		
35	6,8556		
35	8,1854		

Média geral: $\hat{m} = 8,9953$

A P Ê N D I C E 7

Volume de produção transportado por
viagem, Municípios de Piracicaba, Ca-
pivari e Raffard, Estado de São Pau-
lo, Safra 1966/67

Volume de produção transportado por viagem. Cana "enfeixada" e cana "sôlta".

Emprêsa	Cana "enfeixada"		Emprêsa	Cana "sôlta"	
	Toneladas líquidas por Viagem (t/viagem)			Toneladas líquidas por Viagem (t/viagem)	
2	7,194		1	5,949	
6	6,849		2	6,500	
7	6,500		3	6,919	
8	7,500		4	6,626	
10	7,285		5	6,504	
12	6,204		6	6,044	
13	7,021		7	6,500	
14	7,500		8	6,500	
16	7,419		9	6,829	
17	8,147		10	7,293	
18	8,822		11	6,978	
19	8,116		12	6,184	
20	8,418		13	6,476	
21	8,194		14	6,505	
22	8,256		15	6,897	
23	8,307		16	6,510	
24	8,000		33	7,935	
25	6,567		35	7,981	
26	7,352		36	7,667	
27	6,180				
28	7,749				
29	7,655				
30	7,340				
31	5,903				
32	7,928				
33	7,696				
34	6,437				
35	7,233				
36	7,668				

A P Ê N D I C E 8

Fórmulas utilizadas para obtenção dos
parâmetros a_3 e b_3 do MODELO III

Fórmulas utilizadas para obtenção dos parâmetros a_3 e b_3 do MODÉLO III.

Sendo as variáveis designadas pelos símbolos:

$T_{me} = Z_i$ = Volume de produção carregada mecânicamente por empresa, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

$C_{me} = Y_i$ = Custo unitário de carregamento mecânico, em cruzeiros novos por tonelada líquida carregada;

$$\frac{1}{Z_i} = X_i \cdot 10^{-6}$$

obtem-se as estimativas dos parâmetros a_3 e b_3 do MODÉLO III com as fórmulas deduzidas a partir de DRAPER-SMITH (9):

$$b_3 = \frac{\sum Z_i \sum Y_i - N \sum Z_i Y_i}{\sum Z_i \sum X_i - N^2} \quad e \quad a_3 = \frac{\sum X_i \sum Z_i Y_i - N \sum Y_i}{\sum Z_i \sum X_i - N^2}$$

Fica a análise da variância determinada por:

$$S.Q. \text{ Total} = \sum Z_i Y_i^2 - \frac{(\sum Z_i Y_i)^2}{\sum Z_i} \quad e$$

$$S.Q. \text{ Regressão} = b_3 \left[\sum Y_i - \frac{(N \sum Z_i Y_i)}{\sum Z_i} \right] \quad e$$

$$R^2 = \frac{S.Q. \text{ Regressão}}{S.Q. \text{ Total}}$$