

**MODELAGEM DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA
CARREGADORA AUTO-PROPELIDA PARA
CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)**

TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

Orientador: Dr. LUIZ GERALDO MIALHE

Tese Apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração de solos e nutrição de plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1986

IN MEMORIAN

Romeu Italo Ripoli, Engº Agrº, pela Esalq,

meu pai,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Adjunto Luiz Geraldo Mialhe, pela segura orientação, pelo estímulo e pela tolerância;
- Aos Professores Titular e Doutor, respectivamente, Decio Barbin e Roberto Simionato de Moraes pelo apoio, orientação e sugestões nos trabalhos estatísticos;
- Aos Professores Titular, Adjunto e Auxiliar de Ensino, respectivamente, Nilson Vila Nova, Luiz Antonio Balastreire e Marcos Milan, pelas valiosas sugestões oferecidas;
- Aos Engenheiros Agrícola e Mecânico, respectivamente, Paulo Hermann e Roberto Nakamura, pela colaboração nos trabalhos de campo;
- Aos analistas de sistemas Adriano de Azevedo Fº, José Celso de Abreu, Carlos Henrique Matioli e demais servidores do Centro de Informática na Agricultura (ESALQ), pelos serviços de computação;
- Ao Engº Mecânico Luiz Ernesto Maranhão da Usina Stº Antonio de Alagoas, pelas facilidades oferecidas durante a execução dos trabalhos de campo;
- A srta Solange Munhoz, secretária do Departamento de Engenharia Rural desta escola, pelos serviços de datilografia.

SUMÁRIO

PÁGINA

Lista de Tabelas	v.i.
Lista de Figuras	v.i.i.i.
RESUMO	x
SUMMARY	x.i.i.
1.- <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2.- <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1. - QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E IMPLICAÇÕES INDUSTRIAIS	5
2.2. - QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA ENTREGUE À IN DÚSTRIA E CONDIÇÕES DE CAMPO PARA OPERA- ÇÕES DE COLHEITA	8
2.3. - DESEMPENHO OPERACIONAL EM SISTEMAS DE CO LHEITA	15
3.- <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	24
3.1. - MATERIAL	24
3.1.1. - <u>Máquina carregadora</u>	24
3.1.2. - <u>Cultura da cana-de-açúcar</u>	25
3.1.3. - <u>Veículos de transporte</u>	26
3.1.4. - <u>Equipamento para determinações de</u> <u>campo</u>	26
3.1.5. - <u>Equipamento para determinações de la-</u> <u>boratório</u>	27
3.2. - MÉTODO	27
3.2.1. - <u>Teoria do método analítico do ciclo o-</u> <u>peracional</u>	27
3.2.1.1. - Modelo para uma série de ensaios em relevos de tabuleiro (I).....	28
3.2.1.2. - Modelo para uma série de ensaios em relevo de encosta (II).....	32

3.2.2. - <u>Método de ensaios de campo</u>	35
3.2.2.1. - Manejo da máquina	35
3.2.2.2. - Caracterização das condições de campo	37
3.2.2.3. - Determinações de parâmetros de desempenho operacional	37
3.2.2.4. - Tratamentos efetuados	37
3.2.2.5. - Análise estatística	39
3.2.2.5.1. - Variâncias e teste de Tukey	40
3.2.2.5.2. - Regressões	40
4.- <u>RESULTADO E DISCUSSÃO</u>	42
4.1. - CARACTERIZAÇÃO COMPLEMENTAR DAS CONDI- ÇÕES DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR	42
4.2. - DETERMINAÇÕES PONDERAIS E DIMENSIONAIS OBTIDAS NO CAMPO	43
4.3. - PROCESSAMENTO E TABULAÇÃO DOS RESULTA- DOS DAS DETERMINAÇÕES OBTIDAS NO CAMPO	46
4.4. - ANÁLISE DE VARIÂNCIA	56
4.4.1. - <u>Série de ensaios em relevo de tabuleiro (I)</u>	56
a) Índice de matéria estranha vegetal- IV(%)	57
b) Índice de matéria estranha mineral- IM(%)	59
c) Índice total de matéria estranha- IT(%)	60
d) Eficácia de manipulação- EM(%)	63
e) Capacidade efetiva- CE(kg/s)	65
4.4.2. - <u>Série de ensaios em relevo de encosta (II)</u>	67
a) Índice de matéria estranha vegetal- IV(%)	68
b) Índice de matéria estranha mineral- IM(%)	68
c) Índice total de matéria estranha- IT(%)	69
d) Eficácia de manipulação- EM(%)	69
e) Capacidade efetiva- CE(kg/s)	69
4.4.3. - <u>Análises de variâncias conjuntas.</u>	70
a) Índice de matéria estranha vegetal- IV(%)	71
b) Índice de matéria estranha mineral- IM(%)	71

c) Índice total de matéria estranha- IT(%)	72
d) Eficácia de manipulação- EM(%)	72
e) Capacidade efetiva- CE(kg/s)	72
4.5. - ANÁLISE DAS REGRESSÕES	73
5.- <u>CONCLUSÕES</u>	78
5.1. - ESPECÍFICAS	78
5.2. - GERAIS	79
5.2.1. - Sobre Índice de matéria estranha vegetal - IV(%)	79
5.2.2. - Sobre Índice de matéria estranha mineral - IM(%)	79
5.2.3. - Sobre Índice total de matéria es tranha - IT(%)	80
5.2.4. - Sobre Eficácia de manipulação - EM(%)	80
5.2.5. - Sobre Capacidade efetiva - CE (kg/s).....	81
<u>BIBLIOGRAFIA CITADA</u>	82
APÊNDICE I.	
APÊNDICE II.	

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
I	Identificação das condições de campo sob as quais realizaram-se os ensaios da carregadora	26
II	Codificação e caracterização dos tratamentos efetuados nas duas séries de ensaios.....	38
III	Complementação da caracterização das condições da cultura de cana-de-açúcar para cada série de ensaios.....	42
IV	Parâmetros obtidos no campo, na série de ensaios em relevo de tabuleiro (I).	44
V	Parâmetros obtidos no campo, na série de ensaios em relevo de encosta (II)..	45
VI	Codificação e forma de obtenção dos parâmetros desejados através de tabulação dos valores constantes nas Tabelas IV e V.....	47
VII	Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de tabuleiro (I) (continua).....	48
VIII	Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de tabuleiro (II).....	49

IX	Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de encosta (II) (continua).....	50
X	Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de encosta	51
XI	Parâmetros obtidos para aplicação no modelo da série de ensaios I em relevo de tabuleiro) e os resultados de capacidades efetivas obtidas (no campo e pelo modelo)	52
XII	Parâmetros obtidos para aplicação no modelo da série de ensaios II e os resultados de capacidades efetivas obtidas (no campo e pelo modelo)	53
XIII	Valores mínimos, médios e máximos obtidos no campo dos parâmetros envolvidos no ciclo operacional da máquina	54
XIV	Valores de capacidade efetiva obtidos nas duas séries de ensaios, transformados em t/h.....	55
XV	Valores de teste F e coeficientes de variação dos ensaios	56
XVI	Valores do teste F e coeficientes de variação dos ensaios	68
XVII	Valores do teste F e coeficientes de variação dos ensaios	70
XVIII	Resumo das análises de variância (teste F) e coeficientes de determinação das regressões entre os parâmetros nos dois modelos, para ambas as séries de ensaios.....	74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
1	Fluxograma das opções existentes no Brasil de sistemas de colheita da cana-de-açúcar, segundo RIPOLI & SEGALLA (1981)	2
2	Esquema da carregadora: (A) vista lateral e (B) vista de cima. (1) garra; (2) lança; (3) chassi; (4) motor Diesel; (5) depósitos de combustível e óleo hidráulico; (6) roda pivotada; (7) assento do operador; (8) motores hidráulicos e (9) transmissão hidráulica.	25
3	Esquema do percurso teórico total (PT) percorrido pela máquina em cada ciclo operacional, na série de ensaios em relevo de tabuleiro. \oplus = posição relativa da extremidade da garra; b = bitola da máquina; e = espaçamento da cultura; X1, X2 e X3 = bitolas do veículo de transporte; X4 = largura da carroceria do transporte e A, B, C e D = pontos inicial, intermediários e final do percurso teórico total (PT). (A) vista lateral e (B) vista de cima.....	29

- 4 Esquema do percurso teórico total (PT) percorrido pela máquina em cada ciclo operacional na série de ensaios em relevo de encosta. ⊕ = posição relativa da extremidade da garra; A, B, C e D = pontos inicial, intermediários e final do percurso total (PT). (A) vista lateral e (B) vista de cima..... 33
- 5 Carregadora em operação, dirigindo-se de re à unidade de transporte, na série de ensaios em relevo de encosta (II)..... 36

MODELAGEM DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA CARREGADORA AUTO-PROPELIDA PARA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

LUIZ GERALDO MIALHE

- orientador -

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi verificar a possibilidade de elaboração de modelos matemáticos que expliquem o desempenho operacional de carregadora auto-propelida de cana-de-açúcar sabendo-se que esse desempenho pode ser medido através da capacidade efetiva do equipamento, a qual é função do percurso percorrido, dos tempos consumidos em cada ciclo operacional e de fatores de campo (declividade, tipo de solo e seu teor de umidade, forma de colocação dos colmos cortados sobre o terreno, etc.).

As equações abaixo referem-se aos dois modelos desenvolvidos para condições de relevo de tabuleiro e de encosta, respectivamente:

$$CE = \frac{\bar{P}T}{\pi b + 6e} \left[\frac{\bar{A}B^2}{2\bar{A}B} \cdot CL \cdot EM \right] \{ TC(\pi b + 6e - 2\bar{A}B) + 2TT \cdot \bar{A}B \}$$

$$CE = \frac{2AB \cdot CL \cdot EM}{PT \left(\frac{TC}{AB} + \frac{TT - TC}{2AB + \pi b + L} \right)}$$

Nessas equações os parâmetros envolvidos são: CE(kg/s) = capacidade efetiva; AB(m) = percurso de carregamento do ciclo; CL(kg/m) = peso de colmos por metro linear de eito; EM(%) = Eficácia de manipulação; PT(m) = percurso total do ciclo; TC(s) = tempo de carregamento do ciclo; TT(s) = tempo total do ciclo; e(m) = espaçamento de plantio; b(m) = bitola da máquina e L(m) = distância máxima entre a extremidade da garra e a perpendicular que corta o plano de apoio frontal da máquina.

A nível de campo foram realizados duas séries de ensaios, em relevos de tabuleiro (T) e de encosta (E), na Us. S. Antonio, em Alagoas, sob as seguintes condições:

declividade do terreno: 3,1% e 24,8%;

classe textural do solo: franco arenoso;

teor de umidade do solo: 9,1% e 8,2%.

Em ambas as séries de ensaios foram estudados eitos amontoados (EA) e esteirados (EE), com 5 e 7 linhas de colmos cortados por eito.

Os modelos matemáticos mostraram-se satisfatórios comprovando-se a viabilidade dessa técnica para análises de comportamento de carregadoras.

Os melhores resultados dos parâmetros analisadas nas duas séries de ensaios foram:

Índice de matéria estranha vegetal-IV(%) = 0,14 em T-EA-5

Índice de matéria estranha mineral-IM(%) = 0,18 em T-EA-7

Índice total de matéria estranha-IT(%) = 0,40 em T-EA-7 e E-EA-7

Eficácia de manipulação-EM(%) = 99,56 em T-EE-7

Capacidade Efetiva-CE(kg/s) = 27,78 em T-EE-5

OPERATIONAL PERFORMANCE MODELINGS FOR SUGAR CANE (*Saccharum spp*)
 SELF PROPELED LOADER.

TOMAZ CAETANO CANNAVAM RIPOLI

LUIZ GERALDO MIALHE

- adviser -

SUMMARY

The main objective of this work was to verify the possibility of use of mathematical models to evaluate the effective field capacity of sugar cane self propeled loader.

This effective field capacity is a function of path, time expended in each operational cycle and field conditions (slope, soil type and moisture, arrangement of stalks in the field, etc.).

The equations given bellow were developed for small and big slopes, respectively:

$$CE = \frac{PT}{\pi b + 6e} \left[\frac{2 \bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{[TC(\pi b + 6e - 2AB) + 2TT \cdot AB]} \right]$$

$$CE = \frac{PT}{AB} \left(\frac{2 \bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{2 \bar{AB} + \pi b + L} + \frac{TT - TC}{2 \bar{AB} + \pi b + L} \right)$$

In these equations, the parameters considered were: effective field capacity-CE(kg/s); loading path in the cycle-AB(m); amount of sugar cane stalks per row-CL(kg/m); handling efficacy-EM(%); total cycle path-PT(m); loading cycle time-TC(s); total cycle time; row spacing-e(m); loader wheel spacing-b(m) and front axle center to fork external point distance-L(m)

Field tests were conducted in two series (small -T and big slopes-E) in S. Antonio sugar mill in Alagoas State, in the following conditions;

- .- Slopes: 3,1% and 24,8%
- .- Soil texture: sandy loam
- .- Soil moisture: 9,1% and 8,2%

In both series tests were conducted with with bundled-EA and windrowed-EE stalks with 5 and 7 rows.

The mathematical models showed good agreement between theoretical and experimental values showing the adequacy of the method for sugar cane self propelled loader analysis.

The optimum values for the parameters evaluated in field conditions were:

- .- Vegetal extraneous material-IV(%) = 0,14 in T-EA-5
- .- Mineral extraneous material-IM(%) = 0,18 in T-EA-7
- .- Total extraneous material-IT(%) = 0,40 in T-EA-7 and E-EA-7
- .- Handling efficacy-EM(%) = 99,56 in T-EE-7
- .- Effective capacity-CE(kg/s) = 27,78 in T-EE-5

1. - INTRODUÇÃO.

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil, na safra 1984/85 segundo estimativas do Instituto do Açúcar e do Alcool-PLANALSUCAR estendeu-se por uma área de 3.867,2 milhões de hectares, produzindo 202.618,4 milhões de toneladas de matéria-prima, que resultaram em 8.848.700 t de açúcar e 9.248.900 m de álcool.

Atualmente, todas as unidades da federação produzem açúcar e/ou álcool a partir da cana-de-açúcar. Todavia os principais produtores são: S. Paulo com 1.870.300 ha (48,4%), seguido de Alagoas com 473.900 ha (12,2%), Pernambuco com 472.000 ha (12,2%), Rio de Janeiro com 219.000 ha (5,7%) e Minas Gerais com 195.800 ha (5,1%).

Esse volume de matéria prima produzido no campo, chega até a mesa de recepção da usina, através das denominadas "operações de colheita", que abrangem o corte, o carregamento, o transporte e a recepção.

No Brasil, existem inúmeros sistemas que englobam essas operações de colheita, diferenciados de acordo com as condições de campo, de transporte, de mão-de-obra, de equipamentos disponíveis e dos fatores econômicos envolvidos. RIPOLI & SEGALLA (1981) apresentam um fluxograma, ilustrado na Fig. 1, que aponta todas as possíveis variações encontradas no Brasil para retirar a matéria-prima do campo e colocá-la na mesa de recepção da usina.

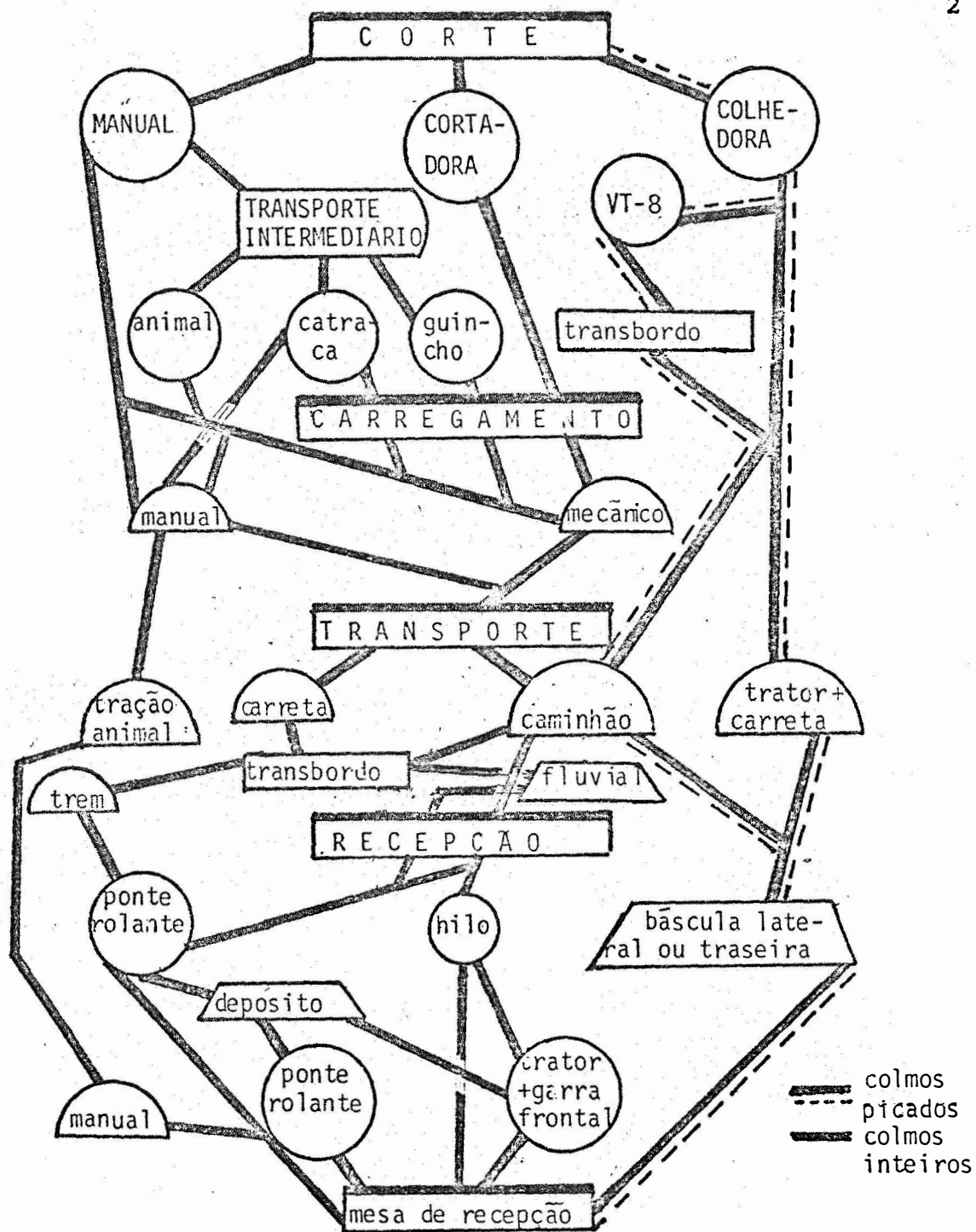


FIG. 1 - Fluxograma das opções existentes no Brasil de sistemas de colheita da cana-de-açúcar, segundo RIPOLI & SEGALLA (1981).

Com excessão das regiões canavieiras situadas em áreas declivosas e de microprodutores, o carregamento dos colmos cortados é realizado através de máquinas denominadas carregadoras, montadas sobre tratores de rodas tipo "standard".

Segundo AZZI (1972), a expansão no uso do carregamento mecânico iniciou-se na região Centro-Sul do País, por volta da segunda metade da década de 50, em lavouras próprias das usinas do Estado de São Paulo. Tal fato é corroborado por PINTO (1978). Atualmente, desde que a topografia do terreno permita e o produtor possua uma área mínima que justifique a aquisição de carregadoras, estas se fazem presentes em todas as regiões produtoras de cana-de-açúcar.

Todavia, estima-se que em cerca de 400.000 ha da área de cana no Brasil, principalmente nos Estados de Minas Gerais, Alagoas e Pernambuco, não é possível o uso de carregadoras para a retirada do campo dos colmos cortados em virtude da declividade.

Dessa forma, o carregamento se faz por fases, envolvendo transporte intermediário (muares e bovinos) e, por vezes, o carregamento manual, conforme ilustra a Fig. 1. Tal situação implica em diminuição da capacidade diária de corte do trabalhador braçal. Este, além de cortar os colmos da soqueira, deve fracioná-los ao meio e proceder o enfeixamento para permitir o transporte intermediário, da área declivosa até onde haja condições de estabilidade para veículos motorizados.

Para CESTA NETO (1960), suprimindo-se a operação de amarração dos feixes de cana, ocorre uma redução de 31% no tempo gasto na operação de corte manual.

Por outro lado, o tempo consumido na execução dessas operações, leva a uma maior permanência no campo dos colmos cortados e os conseqüentes riscos de deterioração.

Assim, observa-se que o principal ponto de es-

trangulamento colheita de cana-de-açúcar em zonas declivosas, nos sistemas atualmente em uso, é o carregamento.

Face a esse problema foram feitas inúmeras tentativas de desenvolver-se uma carregadora capaz de operar em terreno de topografia declivosa.

A viabilidade de um processo mecânico de carregamento nessas condições depende, principalmente, do custo da operação e do efeito dessa mecanização na qualidade da matéria prima. Todavia, sabe-se que máquinas para operar em áreas declivosas apresentam maior complexidade de fabricação, o que implica em elevação do valor de aquisição. Assim a compatibilização dos custos de carregamento mecânico em relação ao sistema convencional, irá depender da Capacidade Efetiva da carregadora.

Por outro lado, sabe-se que a Capacidade Efetiva de carregadoras de cana-de-açúcar é função do percurso percorrido, dos tempos consumidos em cada ciclo operacional e de fatores de campo (declividade, produtividade, tipo de solo e seu teor de umidade, forma de colocação dos colmos cortados sobre o terreno, etc.). Assim, pode-se considerar, em tese, a possibilidade da elaboração de modelos matemáticos que expliquem o desempenho da carregadora.

O objetivo específico deste trabalho é verificar a validade dessa hipótese e analisar os fatores envolvidos no desenvolvimento dos modelos. Sua importância consubstancia-se no fato dessa modelação constituir subsídio ao projeto de carregadoras e a avaliação da capacidade efetiva dessas máquinas. Por sua vez, o objetivo geral é avaliar os efeitos das condições da cultura da cana-de-açúcar, sobre os parâmetros de desempenho operacional da máquina, a saber: Índices de matéria estranha vegetal, mineral e total; Eficácia de manipulação e Capacidade efetiva; os quais, em larga escala, podem contribuir positiva ou negativamente para o sucesso econômico-financeiro da agro-indústria açucareira.

2. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1. - QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA E IMPLICAÇÕES INDUSTRIAIS.

Para Almeida, citado por VALSECHI & OLIVEIRA (1964), a cana-de-açúcar se acha fisiologicamente madura quando apresenta 18° BRIX, Pol 15,3% do caldo, 85% de pureza e 1% de açúcares redutores.

PAYNE (1968) define a cana-de-açúcar como todo material colhido no campo, incluindo o palhiço. Essa definição é praticamente a mesma apresentada pelo Bureaux of Sugar Experiment Stations, da Austrália e pelo Sugar Industry Central Board, citados por FERNANDES & OLIVEIRA (1977).

MAYORAL & VARGAS (1966), em Porto Rico, estudaram os efeitos da matéria estranha decorrente do carregamento mecânico, informam que os danos mais importantes que este material causa, na fase de industrialização da matéria-prima, localizam-se nas facas, nos ternos de moendas e nas bombas de caldo, levando a maior desgaste por abrasão, além de maior perda por sacarose no bagaço, na torta de filtro e no mel final.

FERRARI et alii (1980) estudaram a qualidade da matéria-prima entregue na indústria, colhida por corte manual com carregamento mecânico e por dois tipos de colhedoras de cana picada. Utilizaram como parâmetro principal a t pol/ha avaliada na esteira da usina, para duas condições de trabalho, a saber:

a) Variedade CB41-76, canas ligeiramente tombadas:

Determinações	Manual	Santal-116	MF-201	C.V.%
Pol% cana	13,90 a	12,24 b	11,70 b	3,06
Fibra% cana	11,59 a	12,15 a,b	12,80 b	3,00
c.e.% cana	71,12 a	68,93 a,b	68,46 b	1,97
a.r.% caldo	0,56 a	0,68 b	0,79 c	8,24
Pureza	91,17 a	88,00 b	86,61 b	1,15
t/ha	99,44 a	76,14 b	106,10 a	6,17
t pol/ha	13,81 a	9,32 c	12,42 b	6,88

c.e.% = caldo extraído; a.r.% = açúcares redutores; médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem entre si significativamente.

b) Variedade CB56-76, canas eretas:

Determinações	Manual	Santal-116	MF-201	C.V.%
Pol% cana	12,54 a	11,02 b	10,74 b	5,08
Fibra% cana	12,03 a	12,13 a	12,25 a	2,03
c.e.% cana	67,87 a	66,87 a	66,75 a	1,35
a.r.% caldo	1,12 a	1,31 a,b	1,43 b	10,41
Pureza	88,45 a	83,89 b	84,12 b	22,54
t/ha	103,72 a	95,37 a,b	91,29 b	6,23
t pol/ha	13,02 a	10,48 b	9,80 b	7,04

c.e.% = caldo extraído; a.r.% = açúcares redutores; médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem entre si significativamente.

A partir desses resultados, os autores chegaram às seguintes conclusões:

- para a variedade CB41-76 com porte ligeiramente tombado, houve diferenças significativas para fibra% cana e a.r.% caldo, do corte manual para ambos sistemas mecânicos, relacionada com o aumento de impurezas para o sistema de corte integral mecanizado;
- de modo geral, a colheita manual foi a que apresentou os maiores valores de pol% cana, pureza e t pol/ha;

- para os dois sistemas mecânicos, não houve diferenças significativas de comportamento para a variedade CB56-76, que apresentava porte ereto;
- quanto ao caldo extraído (c.e.% cana), somente houve diferenças entre a colheita manual e a efetuada com a máquina MF-201, para a variedade CB41-76.

AYALA et alii (1975), estudando a influência do tipo de colheita sobre as perdas de sacarose na indústria, obtiveram valores que evidenciam um aumento considerável da porcentagem de bagaço na cana colhida mecanicamente. Este aumento é proporcional a maior ou menor limpeza com que se efetua a colheita mecânica, ou seja, ela está diretamente relacionada com a matéria estranha. Um aumento de matéria estranha teria como consequência, entre outras, uma diminuição na capacidade de moagem e maiores desgastes mecânicos em todo o equipamento industrial.

HUMBERT (1974), trabalhando no Hawaii, estimou em 10% a perda de sacarose contida na cana, devido à moagem dos excessos de matéria estranha contidas na matéria-prima enviada à usina.

WADDELL e PRICE (1965) consideram que a presença de palhas e folhas verdes nas unidades de transporte de cana, na Austrália, é decorrente, principalmente, da queima inadequada, quando a cana está imatura, ou de períodos chuvosos. O prejuízo advém do elevado teor de fibra, impurezas solúveis e cinzas, além de seu volume elevado dificultar a alimentação das moendas e absorver caldo durante a moagem, aumentando as perdas de açúcar no bagaço.

DUDLEY et alii (1970), estudando a colheita da cana-de-açúcar em Porto Rico, afirmaram que ponteiros levados para a usina junto com a matéria-prima, introduzem no processo açúcar não cristalizável. Esses açúcares redutores, diminuem a pureza do caldo e originam um aumento nas perdas de sacarose.

HUMBERT e PAYNE (1963) comentam que o aumento da parte fibrosa da matéria estranha conduz a uma redução na

extração e, conseqüentemente, uma diminuição na capacidade de esmagamento. As quantidades existentes na matéria-prima de solo produzem um desgaste extra nos rolos das moendas, esteiras condutoras, bombas de caldo e encanamentos, aumentando, em muito, os custos de manutenção da usina. Aumentam os problemas de clarificação, necessitando-se de maiores disponibilidades de capital para ampliar sua capacidade. A matéria estranha diminui a recuperação geral do açúcar, causa o abaixamento da pureza do caldo e aumenta quantidade de material de baixa qualidade a ser manuseado. Finalmente, os detritos vegetais e o solo podem afetar, adversamente, a qualidade do açúcar, aumentando os custos de refinação.

MORIM (1976), estudando a colheita mecânica da cana-de-açúcar na Argentina (região de Tucuman), encontrou os valores abaixo para a qualidade do caldo da cana-de-açúcar:

	Pureza %	Pol% Cana	Rend. (%) Fabricação	Açúcares Redutores
sem matéria estranha	86,54	13,09	11,16	0,414
com matéria estranha	82,86	10,39	9,73	0,673

DUDLEY et alii (1970) afirmam que a inclusão de ponteiros na matéria-prima introduz, também no processamento, açúcares não cristalizáveis. Esses açúcares redutores diminuem a pureza do caldo, resultando um aumento de perda de sacarose. Afirmam, ainda, que em Porto Rico, em 1970, a média de matéria estranha proveniente da colheita com combinadas variou de 7,5 a 20%.

2.2. QUALIDADE DA MATÉRIA PRIMA ENTREGUE À INDÚSTRIA E CONDIÇÕES DE CAMPO PARA OPERAÇÕES DE COLHEITA.

LOPEZ HERNANDEZ (1962) apresenta alguns fatores

que interferem na quantidade de matéria estranha na cana-de-açúcar, a saber:

- sistema de colheita e carregamento;
- altura do desponte;
- características do solo;
- condições climáticas no momento do corte;
- variedade da cana-de-açúcar;
- época da colheita da cana-de-açúcar;
- grau de desenvolvimento da cana-de-açúcar;
- qualidade da queima.

FERNANDES e OLIVEIRA (1977) apresentam a relação seguinte onde aparecem valores percentuais de matéria estranha encontrados por diversos autores e em várias regiões produtoras de cana-de-açúcar:

Autor	Região	% Matéria Estranha
AZZI	São Paulo	2,02 - 4,52
BETANCOURT	Cuba	4,19
DEACON	Trinidad	5,00
LE BLANK	Louisiana, USA	5,19 - 7,37
MAYORAL & VARGAS	Puerto Rico, USA	7,00 - 9,40
FANJUL	Louisiana, USA	7,50
DAUBERT	Louisiana, USA	10,00
LOPEZ HERNANDEZ	Tucuman-Argentina	10,00
STEWART	Louisiana, USA	10,59
CASTRO & BALDERI	Puerto Rico, USA	10,90
SEIP	Louisiana, USA	12,00
HUMBERT	México	9,00 - 12,00
CLAYTON & WITTMORE	Florida, USA	13,00
KELLER	Louisiana, USA	15,43
SMITH	Jamaica	6,00 - 19,00
NIESTRATH	Louisiana, USA	20,00
PAYNE & RHODES	Hawaii, USA	35,00

FORS (1972) apresenta esta classificação, também para material oriundo da colheita mecânica:

- material vegetal: pontas, folhas (verdes e secas), "chupões" (brotos imaturos), raízes (adventícias e subterrâneas), pedaços de madeira;

material mineral: solo solto e aderido às raízes, pedras, areia, pedaços de metal.

LOPEZ HERNANDEZ (1962) classificou a matéria estranha proveniente da colheita mecânica nos seguintes componentes:

"palmito" aderente ao colmo;

pedaços de "pontas" ou "palmito" no colmo;

folhas;

terra;

outros resíduos vegetais.

COCHRAN e CLAYTON (1969) definem a matéria estranha, sob o ponto de vista de seus efeitos na industrialização da cana-de-açúcar, como qualquer material que contribua para diminuir a produção de açúcar recuperável e que afeta, negativamente, o desempenho da usina, baixando a pureza do caldo misto, aumentando o consumo de energia, reduzindo o coeficiente de extração das moendas e aumentando os custos de produção.

BETANCOURT (1967) em Cuba, trabalhando em 152 usinas do País, efetuou 1.210 determinações nos seguintes sistemas de colheita: corte e carregamento manual; corte manual e carregamento mecânico e colhedora combinada. Os valores médios obtidos pelo autor foram os seguintes:

Discriminação	Corte + Carregamento Manual	Corte Manual + Carregamento Mecânico	Colhedoras Combinadas
Nº de determinações	373	79	756
Usinas	111	42	150
Pontas (%)	1,13	6,64	1,27
Chupões (%)	0,29	0,21	0,39
Canas Secas (%)	0,24	0,19	0,45
Palhas e Folhas (%)	1,27	3,94	1,82
Terra, etc (%)	0,10	0,19	0,31
<hr/>			
% total de matéria estranha	3,03	11,17	4,24

Na discriminação do quadro acima, o autor defini:

- a) pontas: parte superior do colmo da cana em que se encontram os entrenós em formação e a gema terminal envolvida pelas bainhas e folhas;
- b) chupões: são os brotos de poucos meses de idade, que podem ter ou não alguns entrenós tenros, geralmente com baixo teor de açúcar aproveitável;
- c) canas secas: colmos mortos por doenças, pragas, idade ou danos mecânicos;
- d) terra, etc: a terra, pedras, areia, paus e, em geral, todo resíduo alheio à planta, assim como raízes subterrâneas ou aéreas.

SAMUELS (1969), em Porto Rico, qualificou e quantificou em % de peso a matéria prima como apresentado abaixo:

- cana móvel 60%
- cana esmagada 12%
- ponteiros e folhas 22%
- solos e raízes 6%

CRUZ (1976) compara 3 sistemas de colheita em canas de 2º corte, variedade NCo31Q, a saber:

- 1) colhedora combinada Class Libertadora,
- 2) corte manual e carregamento mecânico com equipamento Thomson.
- 3) corte e carregamento manual.

Os resultados obtidos, expressos em cana industrializável (C.I.), cana não industrializável (N.I.), canas secas + folhas + terras (B.A.), impurezas minerais (I.M) e total de cana (T.C.), foram os seguintes, em toneladas:

Tratamentos	C.I.	N.I.	B.A.	I.M.	T.C.
1	80,69	12,47	6,84	19,31	93,16
2	66,33	18,28	15,39	33,67	84,61
3	87,43	8,75	3,82	12,56	96,18

dms: 5%	6,90	6,68	2,92	6,90	2,92

Com relação a perdas no campo, os resultados médios (3 repetições) foram os seguintes:

Trat.	CI (t/ha)	CD (t/ha)	T (t/ha)	CA (t/ha)	SAC (pol%cana)	SAC (t pol/ha)
1	4,871	2,597	0,789	8,257	13,15	1,085
2	2,908	0,000	3,834	6,742	11,54	0,778
3	2,772	0,000	3,168	5,940	14,38	0,854

dms 5%	1,801	1,485	1,534	3,131	3,85	-

CD = cana despedaçada; T = tocos; CA = cana total;
SAC = sacarose.

O referido autor conclui que a cana despedaçada é sempre maior no caso da colheita com combinada. A quantidade de ponteiros é significativa, tanto na cana picada como no cor

te manual e carregamento mecânico. A quantidade de tocos, no corte manual, é função da fiscalização dos chefes de equipe de corte.

FERNANDES e OLIVEIRA (1977), estudando a colheita da cana-de-açúcar realizada por dois sistemas (semi-mecanizado e mecanizado) em São Paulo e Paraná, quantificaram para o primeiro caso valores da matéria estranha total de 5,1 a 8,1%; da matéria estranha vegetal de 2,9 a 5,3% e da matéria estranha mineral de 1,6 a 2,8%.

RIPOLI et alii (1977), trabalhando em solos de classe textural franco arenoso e com umidade variando de 5,09 a 9,85% numa profundidade de 0-10 cm do perfil, analisaram, por via úmida, a quantidade de partículas de solo que ainda permaneceu agregada aos toletes de colmos colhidos mecanicamente e após terem sofrido separação da matéria estranha por via seca. O percentual médio obtido nas 24 repetições realizadas foi de 0,14% de partículas de solo em relação ao peso total amostrado. Isso vale dizer que cada tonelada de toletes de colmo que sofreu separação de matéria estranha por via seca, continha 1,4 Kg de partículas de solo.

TENORIO et alii (1983) estudando a influência da matéria estranha na qualidade da cana-de-açúcar, em Alagoas, concluíram entre outros aspectos, que há uma correlação ao nível de 95% de probabilidade, entre os índices de matéria estranha e a precipitação pluviométrica.

HUMBERT e PAYNE (1963), estudaram o efeito do período chuvoso sobre a colheita da cana para o Havaí, chegando à conclusão que as chuvas conduzem à queima imperfeita dos canaviais e, como consequência, um excesso de matéria estranha levada à usina. Assim, tornou-se necessário um maior investimento de capital nas instalações de lavagem de cana na fábrica.

BUZACOTT (1967) apresenta como metas para seleção de variedades, tendo em vista o corte mecanizado, os seguintes aspectos: porte ereto, uniformidade na altura, facilitação

dade para a limpeza após queima, resistência à deterioração após a queima, comprimento dos colmos, alta capacidade em açúcar e alta produtividade. Hoje é desejável tais características também para sistemas de corte semi-mecanizado.

AZZI (1972), estudando a incidência da matéria estranha nos processos de carregamento, concluiu que as variedades de despalha mais difícil: CB56-171 e CB56-156, conduziram à maior porcentagem de matéria estranha de origem vegetal no carregamento mecânico, confirmando o encontrado por SAMUELS (1969), em Porto Rico.

LAGE (1973) assinala que, de uma maneira geral, as variedades apresentam um maior grau de inclinação depois da queima, fenômeno que parece estar relacionado com o debilitamento da capa superficial de cera que rodeia o colmo.

FERNANDES e RIPOLI (1975), analisando dosagens do produto comercial Gramoxone (2,0 e 1,5 l/ha), atuando como dessecante para a cultura da cana-de-açúcar, obtiveram valores de 7,53% menores de impurezas para a dosagem de 1,5 l/ha e 40% menores para dosagem de 2,0 l/ha, comparados com a testemunha que não sofreu aplicação.

HUMBERT (1974), estudando o uso de Paraquat (Gramoxone) no Havaí, para melhor eliminação da matéria estranha durante a queima, observou aumentos na capacidade de corte manual em 50% e, no mecânico, entre 15 e 25%.

Afirma, ainda, que a matéria-prima sofre uma perda de qualidade em função do tempo decorrido entre o corte e o processamento, como uma dependência do planejamento agrícola ou de condições climáticas que dificultam a retirada de colmos da área de produção. Essa demora contribui para perdas de açúcares que ocorrem devido à atividade de microorganismos e pelo fenômeno da respiração, além de outros aspectos. O ataque bacteriológico é causado principalmente pela *Leuconostoc* spp.

2.3. - DESEMPENHO OPERACIONAL EM SISTEMAS DE COLHEITA.

RIPOLI e MIALHE (1982) estudaram, do ponto de vista operacional e econômico, dois sub-sistemas de corte de cana-de-açúcar (semi-mecanizado e mecanizado). O universo amostrado representou 150 dias de safra de 5 usinas e um fornecedor, correspondendo a uma área colhida no sub-sistema semi-mecanizado de 38.006 ha, que produziram 3.300.790 toneladas de cana, cujo carregamento mecânico foi efetuado por 80 máquinas convencionais das mais diversas marcas comerciais, por meio de 87.171 hs operacionais.

Os valores médios (e extremos) da capacidade operacional dessas carregadoras foram 37,87 t/h (43,35 a 33,25 t/h).

MONTEIRO et alii (1982) afirmam que, em média, 1.200 carregadoras montadas são comercializadas por ano no Brasil, valores estes obtidos junto aos fabricantes nacionais em meados de 1984. Quanto às técnicas de corte manual, os autores relatam que na Usina Costa Pinto (SP), foi abandonada a disposição de colmos cortados em leiras contínuas, o que obrigava o uso do rastelo das carregadoras convencionais, aumentando a incidência de matéria estranha mineral junto à matéria prima. Apresentam, ainda, os seguintes valores obtidos em ensaios de campo:

	Meses		Média
	Junho	Maio	
rendimento agrícola médio (t/ha)	88,1	93,2	90,65
peso médio das amostras (kg)	6167,5	7279,6	6723,55
matéria estranha vegetal (%)	3,14	3,53	3,33
matéria estranha mineral (%)	0,91	1,47	1,19
total de matéria estranha (%)	4,05	5,00	4,52
peso líquido médio de colmos industrializáveis por amostra (kg)	5917,7	6515,6	6146,7

Finalmente, apresentam os valores obtidos na comparação entre o carregamento convencional de colmos dispostos em leiras amontoadas (C) com carregamento utilizando um rastelo recolhedor adaptado a carregadora atuando sobre eitos esteirados (R), a saber:

Tipo de carregamento	% matéria estranha		
	vegetal	mineral	total
C	3,33	1,19	4,52
R	1,28	0,11	1,39

TENÓRIO et alii (1983) estudando a influência da matéria estranha na qualidade da cana-de-açúcar da Usina Triunfo, Estado de Alagoas, encontraram valores que variaram de 4,4% a 12,4% de matéria estranha total durante uma safra, mostrando que existe uma tendência no aumento dos teores de matéria estranha com a precipitação pluviométrica. Os maiores valores encontrados ocorreram no mês de abril/83 cuja precipitação foi de 108 mm. No mês de novembro /82, onde aparecem os menores valores de matéria estranha total, não houve precipitação. O valor médio encontrado para matéria estranha vegetal foi de 6,5% e para matéria estranha mineral 1,3%.

O South Africa Sugar Association (1981) apresenta os seguintes dados relativos à qualidade e perdas de matéria-prima, em função do carregamento mecânico: a) matéria estranha de 3,9 a 9,4%; b) perdas no campo de 1,7 a 3,9%.

O relato não especifica as condições de campo, relativas a tipo de solo, teor de umidade, qualidade da queima, etc.

RIPOLI et alii (1984) estudaram, na Usina Costa Pinto (SP), novas técnicas de carregamento de cana. Utilizaram uma carregadora convencional e outra possuindo um conjunto de nominado "recolhedor de cana". As condições de campo foram: la tossolo vermelho amarelo, fase arenosa, com umidade média de 9,78%, declividade de 2% e rendimento agrícola de 75,75 t/ha.

O estudo foi realizado sobre eitos esteirados

de 3, 5 e 7 linhas de cana. Os resultados médios obtidos são apresentados abaixo:

	nº de Linhas	CE (t/ha)	Perdas%	IV%	IM%	IT%
máquina com recolhedor de cana	3	38,65	12,17	0,30	0,03	0,33
	5	50,86	8,08	0,35	0,03	0,38
	7	54,08	6,75	0,28	0,02	0,30
máquina convencional	3	57,06	2,64	0,62	1,07	1,69
	5	62,54	2,82	0,46	0,30	0,77
	7	72,97	2,44	0,38	0,20	0,58

CE = capacidade efetiva; IV% = índice de matéria estranha vegetal; IM% = índice de matéria estranha mineral; IT% = índice total de matéria estranha.

ALVES BERTO e MIALHE (1979), estudando na Região de Campos (RJ) o comportamento da carregadora de cana-de-açúcar, sob duas condições de solo (aluvião e latossolo amarelo) avaliaram alguns aspectos de desempenho, a saber: capacidade efetiva e índices de matéria estranha, carga média por ciclo, entre outros.

Em solo aluvial, os seguintes resultados foram obtidos:

Condição de Trabalho	Umidade do Solo (%)	Capacidade Efetiva (t/h)	Matéria Estranha Vegetal (%)	Matéria Estranha Mineral (%)	Matéria Estranha Total (%)
carregadora com rastelo em cana esteirada	35,8	36,30	1,32	0,38	1,70
	47,3	39,98	0,97	0,27	1,23
	46,3	38,95	1,29	0,28	1,57
	38,0	37,79	1,23	0,25	1,48
carregadora sem rastelo em cana amon toada	39,1	24,22	1,30	0,56	1,86
	36,9	34,94	1,50	0,97	2,46
	39,5	30,87	1,05	0,64	1,70
	36,9	31,48	1,40	0,70	2,10

Por sua vez, em latossolo amarelo, foram obtidos os seguintes valores:

Condição de Trabalho	Umidade do solo (%)	Capacidade Efetiva (t/h)	Matéria Estranha Vegetal (%)	Matéria Estranha Mineral (%)	Matéria Estranha Total (%)
carregadora com rastelo em cana esteirada	8,38	33,98	0,52	0,40	0,92
	10,26	36,69	0,58	0,21	0,79
	9,83	46,63	0,70	0,21	0,91
	9,41	33,02	0,75	0,43	1,18

carregadora sem rastelo com cana amontoada	11,27	22,38	1,01	0,60	1,61
	12,17	22,72	0,82	0,54	1,36
	10,33	23,71	0,66	0,43	1,10
	10,13	20,64	0,96	0,93	1,89

Esses dados permitiram aos autores concluir que em ambos os ensaios, a carregadora com rastelo, operando sobre cana esteirada, apresentou uma capacidade efetiva (CE) superior à condição de carregadora sem rastelo sobre cana amontoada.

Que no segundo grupo de ensaios o índice de matéria estranha vegetal foi, estatisticamente, maior para a carregadora sem rastelo, sobre cana amontoada, enquanto que no primeiro grupo de ensaios não se verificou diferença significativa entre as duas condições de trabalho das máquinas.

O Relatório Anual do IAA-PLANALSUCAR (1977) apresenta resultados de capacidade efetiva de carregadoras de quatro fabricantes distintos, montados sobre 3 marcas de tratores, trabalho este realizado na Região de Campos (RJ).

Trator	<u>Carregadora</u>	<u>Capacidade Efetiva (t/h)</u>
CBT	Santal	52,68
		42,13
		30,74
FORD	Motocana	38,71
	Blue Line	35,63
		31,30
MF 65R	Motocana	33,87
		49,19
		38,38

AZZI (1972), no Estado de São Paulo, estudando os vários processos de corte manual e carregamento mecânico de cana-de-açúcar, concluiu que:

Em quaisquer condições, o carregamento mecânico conduz à maiores percentagens de matéria estranha do que o manual. No carregamento manual, o tipo de solo não influi na incidência de matéria estranha. Tudo indica que o mesmo aconteça quanto à umidade do solo, para cana queimada ou crua e enfeixada ou solta.

De modo geral, o tipo de solo, arenoso ou argiloso, é um fator de pequena importância na incidência de matéria estranha. Sua ação é indireta sobre outros fatores estudados. Na região pesquisada neste trabalho, as percentagens médias de matéria estranha são muito inferiores as de outras regiões do mundo.

O sistema de montes arrastados é o pior processo, pois pode conduzir a maiores percentagens de matéria estranha do que o arrasto de canas uniformemente distribuídas em leiras, principalmente se o solo for argiloso. Neste caso, o aumento da percentagem de matéria estranha é devido principalmente à componente de origem mineral.

- O solo arenoso, no sistema de montes arrastados, conduz relativamente a menos matéria estranha do que em solo argilo-

so.

- O melhor sistema é aquele de amontoar manualmente as canas antes da operação de carregamento e levantar cuidadosamente o monte somente com a garra.
- O aumento da percentagem de matéria estranha é diretamente proporcional ao aumento da umidade do solo, principalmente em solos argilosos.
- As variedades de cana com palha agarrada produzem maior percentagem de matéria estranha de origem vegetal do que as de palha solta.
- O rendimento agrícola do canavial não tem, por si só, influência na percentagem de matéria estranha mas, quando as canas tombam, aumenta a matéria total e seu componente mineral. As canas tortas aumentam a percentagem de matéria estranha de origem vegetal.

Os valores médios encontrados, dentre todos os tratamentos efetuados, foram os abaixo relacionados:

	Matéria estranha Vegetal (%)	Matéria Estranha Mineral (%)	Matéria Estranha Total (%)
carregamento manual	0,298	0,107	0,405
carregamento mecânico	0,655	1,368	2,023

FURLANI NETO et alii (1981) estudaram o corte mecânico de cana inteira em conjunto com o corte manual, determinando para ambos os casos, as percentagens de perdas de matéria-prima decorrentes do carregamento mecânico. Para as duas situações os colmos cortados foram dispostos em eitos amontoados. No caso do corte manual, cada eito representou 5 linhas de canas. A tabela abaixo apresenta as quantidades de cana deixadas no campo após o carregamento mecânico.

Repetições	Corte Manual (t/ha)	Corte Mecânico (t/ha)
1	2,40	3,15
2	2,28	4,00
3	1,16	7,83
4	1,59	3,03
5	1,48	2,67
6	1,71	3,95
7	2,15	1,97
8	1,17	4,08
Médias	1,74*	3,83*

(*) d.m.s. a 5% de probabilidade entre os tipos de cortes.

RIPOLI (1982), estudando comparativamente uma carregadora convencional, caracterizada por apresentar giro da garra limitado a 90°, com um protótipo de carregadora que permite um giro da garra de 180°, ambos operando sobre eitos de canas amontoadas de 5 linhas, em solo de textura argila com umidade de 1%, obteve os seguintes resultados:

Parâmetros	Tratamentos		
	I	II	III
EM% (perdas de colmos)	1,03 t/ha	7,52 t/ha	5,52 t/ha
IV%	0,10	0,21	0,20
IM%	0,05	0,23	0,10
IT%	0,15	0,44	0,30
CE (t/h) (carregamento)	-	73,83	118,72
CE (t/h) (reamontoa)	22,92	-	-

I: apenas ação de reamontoa; II: carregamento convencional; III: carregamento sobre oito reamontoados; EM% = Eficácia de Manipulação (%); IV% = índice de matéria estranha vegetal (%); IM = índice de matéria estranha mineral (%); IT% = índice de ma-

téria estranha total (%); CE(t/h) = Capacidade Efetiva.

O Relatório Anual do PLANALSUCAR (1983) informa que em ensaios realizados na Usina Santa Bárbara, na região de Piracicaba, com o objetivo de avaliar a qualidade de matéria-prima em cargas cortadas manualmente (eito de 7 linhas) e por combinadas, determinou-se os seguintes valores:

Tipo de colheita	Cana Limpa (%)	Impurezas		Total
		Vegetal	Mineral(%)	
manual	95,16	3,5	1,3	4,8
TOFT-6000	90,74	9,1	0,1	9,2
Santal Rotor	94,46	5,4	0,1	5,5

O mesmo relatório apresenta, ainda, resultados de testes realizados em 5 usinas de Alagoas, cujo objetivo foi o de determinar as perdas de matéria prima decorrentes do sistema de corte manual e carregamento mecânico. Em média, as perdas foram da ordem de 2,7 t/ha.

FURLANI NETO (1984), estudando comparativamente no Estado de São Paulo os sistemas de colheita mecanizado (cortadoras + carregadoras) e semi-mecanizado (corte manual + carregadoras), obteve entre outros, os seguintes resultados:

SISTEMA	MECANIZADO	SEMI-MECANIZADO
Perdas (t/ha)	17,56	7,18
% M.E.M.	0,57	2,39
% M.E.V.	4,46	1,36
% Total M.E.	5,03	3,75

RIPOLI et alii (1975) compararam 3 modelos de colhedoras: Santal-Don (combinada), Egiart-102 (cortadora-amontoadora), Cameco (cortadora), com corte manual, em canaviais da Usina da Barra (Barra Bonita, SP), obtendo os seguintes resultados médios:

SISTEMAS DE COLHEITA	CAPACIDADE EFETIVA (t/h)
CORTE MANUAL	0,55
CARREGAMENTO	22,15
CORTADORA CAMECO	30,63
CORTADORA EG-102	21,90
COMBINADA	14,70

Deste trabalho concluiu-se que, para os 4 sistemas de colheitas, o menor custo foi para o corte mecânico com cortadoras-amontoadoras, seguido pelo corte manual. Os custos de corte mecânico com a cortadora e a colheita mecânica combinada, foram praticamente iguais. Os autores apresentam os seguintes fatores a serem considerados na seleção dessas máquinas:

- disponibilidade de mão-de-obra;
- qualidade de matéria-prima;
- limitação no uso de máquinas;
- rapidez no processamento da matéria-prima.

Não foram consideradas pelos autores as perdas de material no campo para os 4 sistemas de colheita e a qualidade tecnológica da matéria-prima.

CERRIZUELA (1976) determinou as perdas no campo, em canaviais argentinos com rendimentos de 60-80 t/ha, encontrando os seguintes dados:

Sistema	Perdas	
	%	t/ha
cana picada - máq. Indal	4,4	2,64
cana picada - máq. Class	6,8	5,71
cana inteira (Louisiana) Thompson Special.....	4,7	3,38
semi-mecanizado: cortadora simples (despalha, desponte e amontoadora manualmente) + carregamento mecânico	1,3	0,93

3. - MATERIAL E MÉTODO.

3.1. - MATERIAL.

O material utilizado no presente trabalho abrange a máquina objeto de estudo, os veículos de transporte; os equipamentos requeridos às determinações de campo e laboratório além da cultura de cana-de-açúcar, que determinou parte das condições operacionais sob as quais realizaram-se os ensaios.

3.1.1. - Máquina carregadora.

A máquina foi desenvolvida, pela CEMASA-Com., Eng. e Maq. Stº Antonio (Alagoas) e, segundo o CENEA (1983) apresenta as seguintes especificações técnicas:

Marca	CEMASA
Modelo	EGM-1000
Tipo	Auto-Propelida
Procedência	Nacional
Peso em ordem de marcha	6.500 Kgf
Rodado	pneus-triciclo
Transmissão	Hidrostática
Condição	Protótipo
Bitola	2.400 mm
Distância entre eixos	3.200 mm

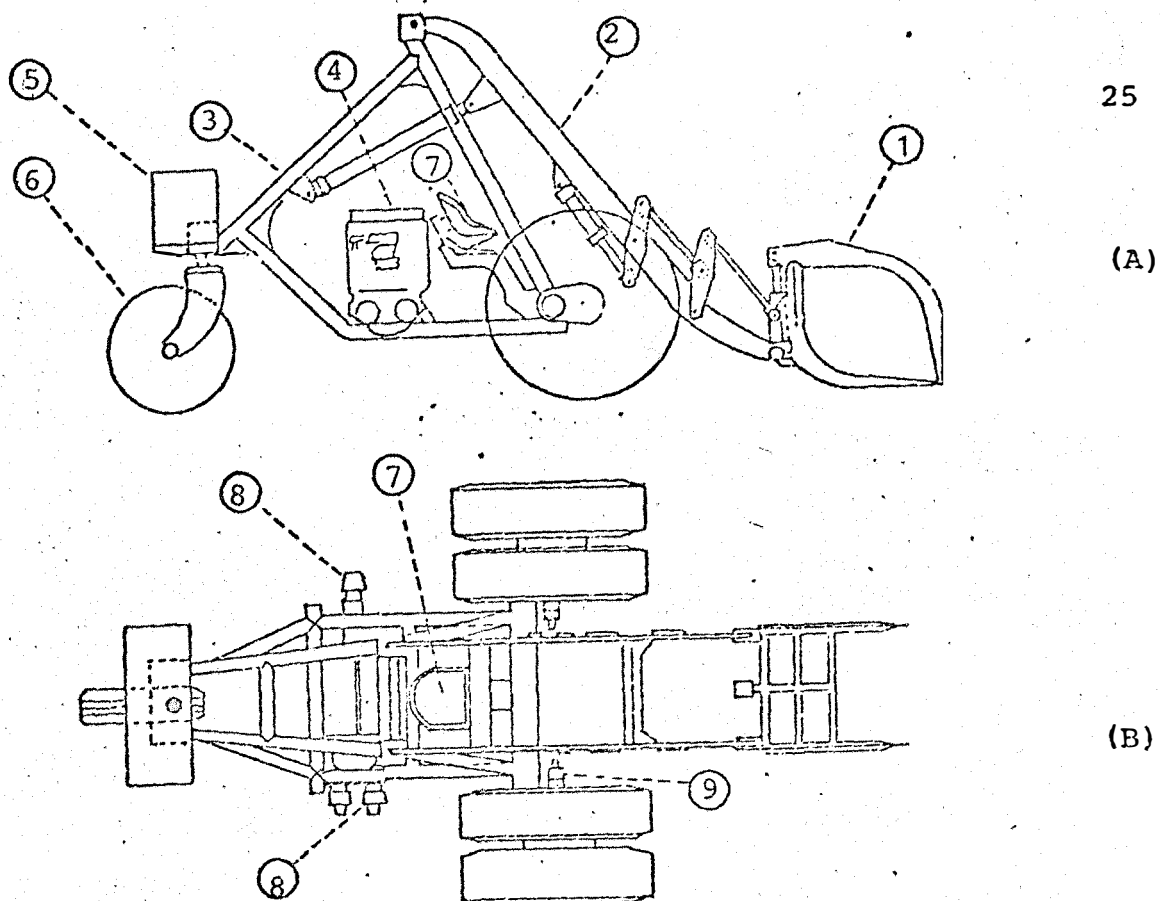


Figura 2 - Esquema da carregadora. A) Vista lateral e B) Vista de cima: 1) garra; 2) lança; 3) chassi; 4) motor Diesel; 5) Depósitos de combustível e óleo hidráulico; 6) roda pivotada; 7) assento do operador; 8) motores hidráulicos e 9) transmissão hidráulica.

Máxima distância entre o plano vertical do eixo dianteiro e a extremidade da garra	3.970 mm
raio de giro	2.900 mm
comprimento máximo	7.630 mm
velocidade máxima de deslocamento	14,3 Km/h

3.1.2. - Cultura da cana-de-açúcar.

As duas condições gerais da cultura de cana-de-açúcar sob as quais foram realizados os ensaios da carregadora, são identificadas através dos dados da Tabela I.

TABELA I - Identificação das condições de campo sob as quais realizaram-se os ensaios da carregadora.

Características da cultura	Condições de ensaio	
	Tabuleiro	Encosta
Variedade	RB 70/141	CB 45-3
Corte (nº)	1º	2º
Idade (meses)	12	12
Espaçamento (m)	1,40	1,10
Declividade do Terreno (%)	3,1	24,8

As condições de relevo de tabuleiro e de encosta definiram duas séries de ensaios, designadas doravante SE I e SE II, respectivamente.

3.1.3. - Veículos de transporte.

Utilizou-se de caminhões convencionais de transporte de cana-de-açúcar, com carrocerias constituídas de fúerros de madeira e capacidade líquida de carga da ordem de 12 t.

3.1.4. - Equipamento para determinações de campo.

Os equipamentos utilizados nas determinações de campo foram os seguintes:

- cronômetro sexagesimal, precisão de segundos;
- balança tipo plataforma, capacidade máxima de 25 t e precisão de 5 kg;
- balança portátil, tipo plataforma, capacidade máxima 500 kg

- e precisão de 100 g;
- balança portátil, de prato, capacidade máxima 20 kg e precisão de 1 g;
 - determinador de umidade instantânea (Speedy), marca .SOIL TEST;
 - diversos: sacos e lonas plásticas, trena, estacas, peneiras de malha de 2 mm, piquetes e recipientes herméticos de alumínio.

3.1.5. - Equipamento para determinações em laboratório.

- balança Metler, capacidade máxima de 1,1 Kg e precisão de 0,1 g;
- estufa de laboratório.

3.2. - MÉTODO.

3.2.1. - Teoria do método analítico do ciclo operacional.

Um ciclo operacional da carregadora caracteriza-se por uma série de eventos, de manejo da máquina no campo, que se sucedem ordenadamente. Estabeleceu-se como ponto de referência para início/término de ciclo o momento em que o órgão ativo da máquina, ou seja, a garra, toca os colmos cortados e dispostos em eitos sobre o terreno. Do início ao término do ciclo ocorrem os seguintes eventos:

- a) enchimento da garra, através do deslocamento da máquina sobre o eito de colmos;
- b) elevação da garra cheia e deslocamento da máquina até o local onde se encontra o veículo de transporte;
- c) transbordo dos colmos da garra para o veículo;
- d) retorno da carregadora ao eito de colmos.

O encerramento de um ciclo ocorre no momento i-

mediatamente anterior ao toque da garra sobre os colmos a serem carregados no ciclo operacional seguinte.

O percurso percorrido pela máquina em cada ciclo é função do tipo de carregadora, da topografia e da maneira como o veículo de transporte se posiciona em relação à máquina. Dessa forma, para cada condição de campo um ciclo operacional pode ser realizado em diferentes percursos.

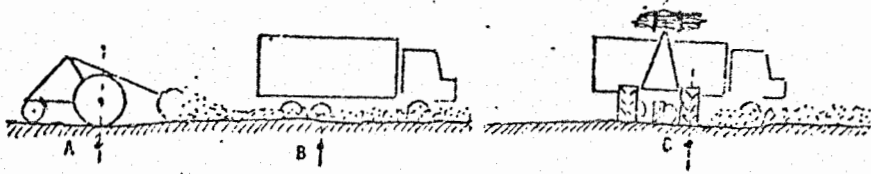
Na Fig. 3 é mostrado, esquematicamente, o percurso teórico percorrido pela máquina em um ciclo operacional na condição de topografia de tabuleiro, onde o veículo de transporte acompanha o seu deslocamento. Na Fig. 4 é mostrado o percurso teórico em um ciclo operacional na condição de topografia de encosta, onde o veículo de transporte fica estacionado no carregador, junto ao início do eito de colmos a carregar.

O desenvolvimento de um método analítico para ciclos operacionais de carregadora, pressupõe a existência de um percurso teórico mínimo que otimiza a capacidade efetiva da máquina. Portanto, para cada condição de aplicação da carregadora existe um modelo de percurso que melhor satisfaz aquele pressuposto.

3.2.1.1. Modelo para uma série de ensaios em relevo de Tabuleiro (I)

O menor percurso teórico que a máquina deve percorrer para completar um ciclo operacional é mostrado esquematicamente na Fig. 3, e expresso pela equação (1).

(A)



(B)

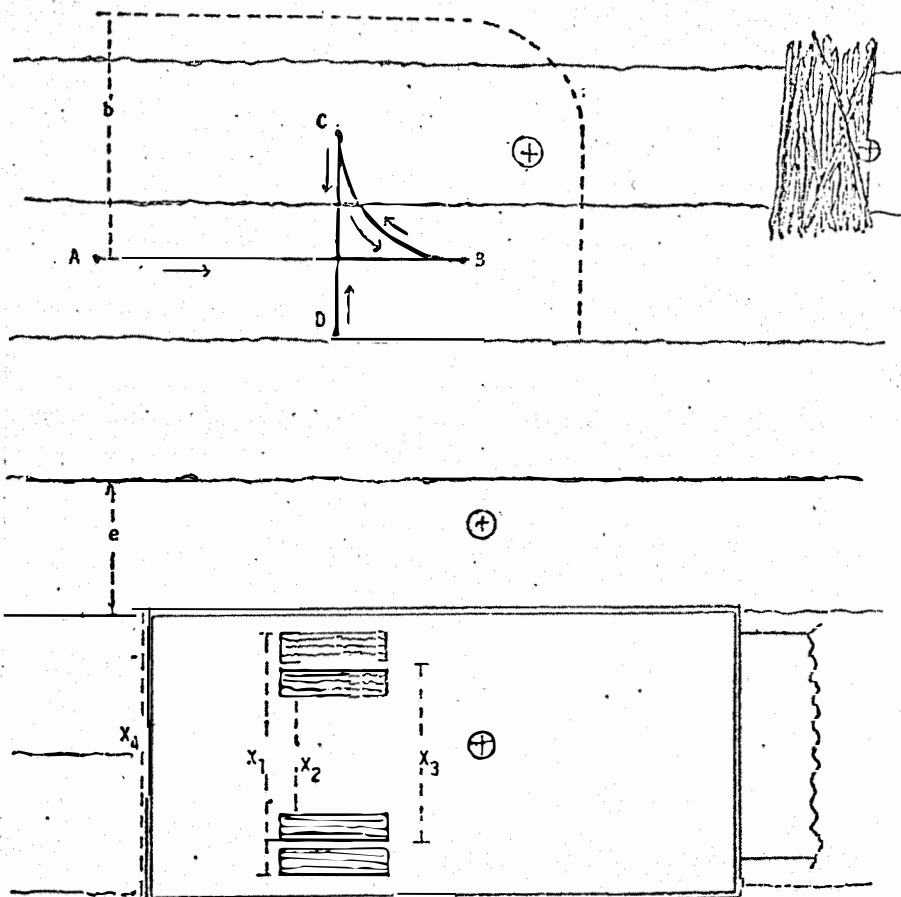


Figura 3 - Esquema do percurso teórico total (\overline{PT}) percorrido pela máquina em cada ciclo operacional, na série de ensaios em relevo de tabuleiro. \oplus = posição relativa da extremidade da garra; b = bitola da máquina; e = espaçamento da cultura; X_1 , X_2 e X_3 = bitolas do veículo de transporte; X_4 = largura da carroceria do transporte. A, B, D e C = pontos inicial, intermediários e final do percurso teórico total (\overline{PT}). (A) vista lateral e (B) vista de cima.

$$\overline{PT} = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DC} + \overline{CB} = \overline{AB} + 2\overline{BC} + 2\overline{CD} \quad (1)$$

sendo:

\overline{PT} = percurso total percorrido em um ciclo operacional (m);

\overline{AB} = percurso percorrido sobre o eito de cana, enchendo a garra (m);

\overline{BC} = giro de 90° para direcionar a garra na posição de descarregamento (m).

Todavia, sendo b a bitola da máquina, tem-se:

$$BC = b \pi / 4 \quad (2)$$

\overline{CD} = percurso percorrido para posicionar a garra sobre o centro longitudinal da carroceria do transporte (m).

A unidade de transporte deve posicionar-se nas entrelinhas da cultura e a máxima aproximação da carregadora em relação a essa unidade, deve ocorrer segundo o menor percurso (conforme Fig. 3) sendo e o espaçamento entrelinhas, o percurso \overline{CD} será:

$$\overline{CD} = 1,5 \cdot e \quad (3)$$

Por outro lado, através do conceito de velocidade média, o tempo total de um ciclo operacional - TT (s), será:

$$TT = PT / \overline{V} \quad (4)$$

onde \overline{V} = média harmônica da velocidade de deslocamento (m/s).

O tempo total de um ciclo operacional - TT (s), consumido no percurso total \overline{PT} (m), é a soma de dois tempos parciais:

TC - tempo de enchimento da garra sobre percurso parcial \overline{AB} ;

TM - tempo de manobras para descarregamento e volta à posição de início de novo ciclo operacional (percurso $2\overline{BC} + 2\overline{CD}$).

portanto:

$$TT = TC + TM \quad \text{ou} \quad (5)$$

$$TM = TT - TC \quad (6)$$

Igualando-se (5) e (4), tem-se:

$$TC + TM = \overline{PT}/\overline{V} \quad (7)$$

A capacidade efetiva - CE(kg/s) de carregadoras poderá ser expressa, de maneira semelhante ao proposto por MIALHE e RIPOLI (1976) para colhedoras de cana-de-açúcar, através da equação (8).

$$CE = \frac{\overline{AB} \cdot CL \cdot EM}{TT} \quad (8)$$

onde:

\overline{AB} = percurso sobre eito de colmos (m);

CL = peso de colmos por metro linear de eito (kg/m);

EM = Eficácia de manipulação (%);

TT = tempo total consumido (s).

substituindo (5) em (8):

$$CE = \frac{\overline{AB} \cdot CL \cdot EM}{TC + TM} \quad (9)$$

substituindo (7) em (9):

$$CE = \frac{\overline{AB} \cdot CL \cdot EM}{\frac{\overline{PT}}{\overline{V}}} \quad (10)$$

Por sua vez, a média harmônica da velocidade de deslocamento é:

$$\overline{V} = \frac{2}{\frac{1}{\overline{AB}} + \frac{1}{2\overline{BC}+2\overline{CD}}} = \frac{2}{\frac{TC}{\overline{AB}} + \frac{TM}{2\overline{BC}+2\overline{CD}}} \quad (11)$$

substituindo (11) em (10) e simplificando, tem-se:

$$CE = \frac{2\overline{AB} \cdot CL \cdot EM}{\overline{PT} \left(\frac{TC}{\overline{AB}} + \frac{TM}{2\overline{BC}+2\overline{CD}} \right)} \quad (12)$$

substituindo (2) e (3) em (12) e simplificando, tem-se:

$$CE = \frac{2\bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{\bar{PT} \left(\frac{TC(\pi b + 6e) + 2TM \cdot \bar{AB}}{\bar{AB}(\pi b + 6e)} \right)} \quad (13)$$

substituindo (6) em (13) e simplificando, tem-se:

$$CE = \frac{2\bar{AB}^2 \cdot CL \cdot EM}{\frac{\bar{PT}}{\pi b + 6e} [TC(\pi b + 6e - 2\bar{AB}) + 2TT \cdot \bar{AB}]} \quad (14)$$

A equação (14) é o modelo matemático da capacidade efetiva da carregadora, quando se adota o percurso definido para a condição de uso em relevo de tabuleiro.

3.2.1.2. Modelo para uma série de ensaios em relevo de encosta (II).

O menor percurso teórico que a máquina deve percorrer para completar um ciclo operacional operando em encosta, conforme a Fig. 4 é expresso pela equação (15).

$$\bar{PT} = \bar{AB} + \bar{BA} + \bar{AC} + \bar{CD} + \bar{DC} + \bar{CA} + \bar{AB} = \bar{AB} + 2\bar{AB} + 2\bar{AC} + 2\bar{DC} \quad (15)$$

onde:

\bar{PT} = percurso total percorrido em um ciclo operacional (m);

\bar{AB} = percurso percorrido sobre o eito de cana, enchendo a garra (m);

\bar{AC} = giro de 180° da máquina para posicionar-se frontalmente em direção ao transporte (m).

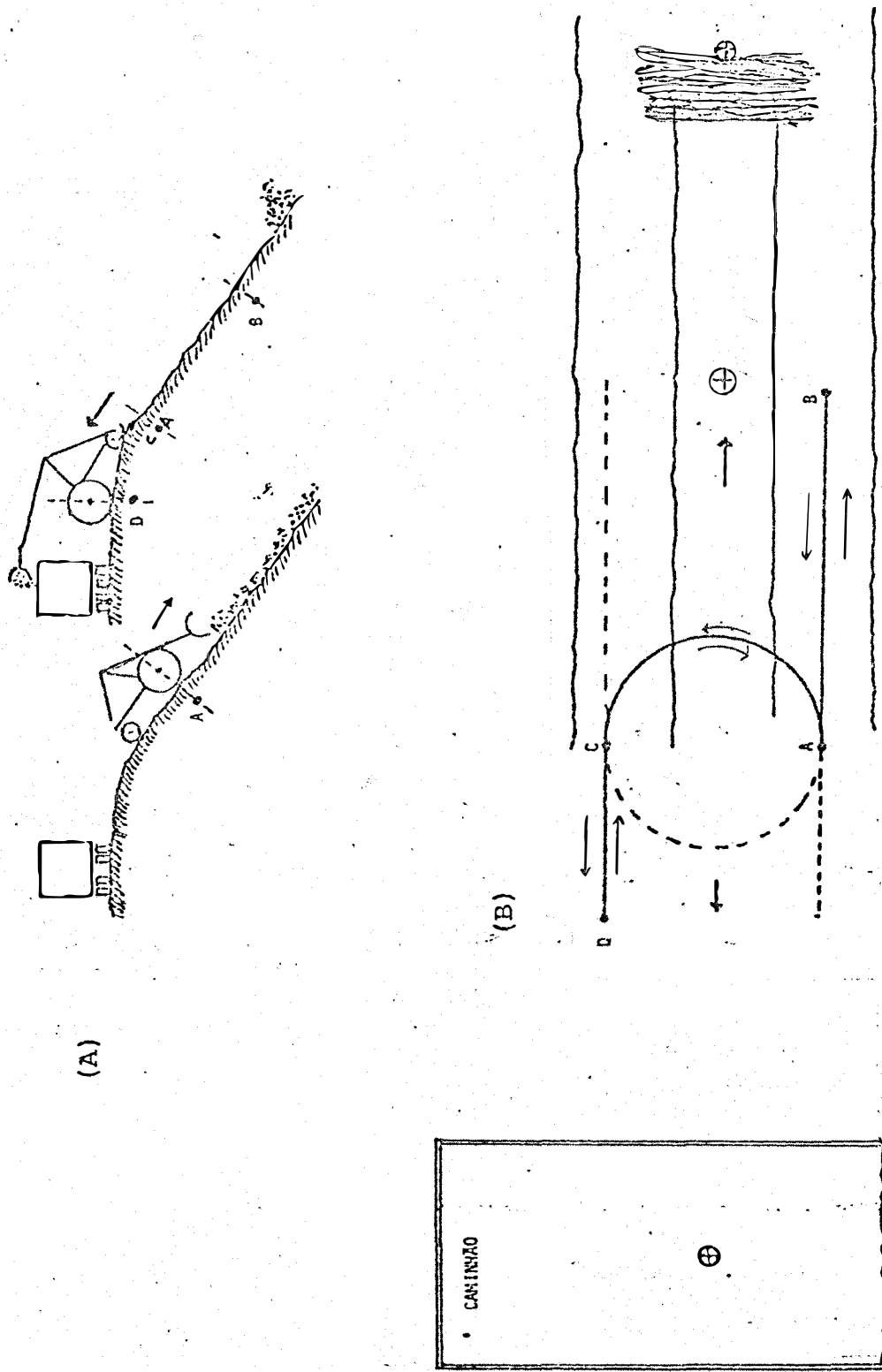


Fig. 4 - Esquema do percurso total teórico (PT) percorrido pela máquina em cada ciclo operacional na série de ensaios em relevo de encosta. \oplus = posição relativa da extremidade da garra; A, C, D e B = pontos inicial, intermediários e final do percurso total (PT). (A) vista lateral e (B) vista de cima.

Todavia, sendo b a bitola da máquina, tem-se:

$$\overline{AC} = \pi b/2 \quad (16)$$

\overline{CD} = percurso realizado para posicionar a extremidade da garra sobre o eixo longitudinal da unidade de transporte (m).

A unidade de transporte deve posicionar-se no carreador e a máxima aproximação da carregadora, em relação a essa unidade, deve ocorrer segundo o menor percurso, conforme a Fig. 4. Sendo L (m) a distância máxima entre a extremidade da garra e a perpendicular que corta o plano de apoio frontal da máquina, o percurso \overline{CD} será:

$$\overline{CD} = \frac{L}{2} \quad (17)$$

Por outro lado, através do conceito de velocidade média, o tempo total de um ciclo operacional - TT (s) será:

$$\overline{V} = \overline{PT}/TT \quad \therefore \quad TT = \overline{PT}/\overline{V} \quad (18)$$

onde:

\overline{V} = média harmônica da velocidade de deslocamento (m/s).

O tempo total de um ciclo operacional - TT (s) consumido no percurso total - \overline{PT} (m), é a soma de dois tempos parciais:

TC - tempo de enchimento da garra sobre o percurso parcial \overline{AB} ;

TM - tempo de manobras para descarregamento e volta a posição de início de novo ciclo operacional (percurso $2\overline{BC}+2\overline{CD}$).

Portanto, a média harmônica da velocidade de deslocamento para este modelo, fica sendo:

$$\overline{V} = \frac{2}{\frac{1}{\overline{AB}/TC} + \frac{1}{(2\overline{AB}+2\overline{AC}+2\overline{CD})/TM}} = \frac{2}{TC/\overline{AB}+TM/(2\overline{AB}+2\overline{AC}+2\overline{CD})} \quad (19)$$

Substituindo (19) em (10) e simplificando, tem-se:

$$CE = \frac{2\bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{PT \left(\frac{TC}{\bar{AB}} + \frac{TM}{2\bar{AB} + \bar{AC} + \bar{CD}} \right)} \quad (20)$$

Substituindo (16) e (17) em (20) e simplificando, tem-se:

$$CE = \frac{2\bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{PT \left(\frac{TC}{\bar{AB}} + \frac{TM}{2\bar{AB} + \pi b + L} \right)} \quad (21)$$

Substituindo (6) em (21), tem-se:

$$CE = \frac{2\bar{AB} \cdot CL \cdot EM}{PT \left(\frac{TC}{\bar{AB}} + \frac{TT - TC}{2\bar{AB} + \pi b + L} \right)} \quad (22)$$

A equação (22) é o modelo matemático da capacidade efetiva da carregadora, quando se adota o percurso definido para a condição de uso em relevo de encosta.

3.2.2. Método de ensaios de campo.

3.2.2.1. Manejo da máquina.

A máquina foi manejada por um único operador experiente, nas duas séries de ensaios.



Fig. 5 - Carregadora em operação, dirigindo-se de ré à unidade de transporte, na série de ensaios em relevo de encosta.

3.2.2.2. Caracterização das condições de campo.

Para a caracterização das condições de campo nas duas séries de ensaios realizadas, utilizou-se de critérios propostos por BALASTREIRE e RIPOLI (1975) e RIPOLI et alii (1977), que preconizam as determinações de:

- comprimento médio dos colmos cortados;
- qualidade da queima;
- teor de umidade atual do solo;
- granulometria do solo;
- idade e grau de maturação da cultura.

3.2.2.3. Determinações de parâmetros de desempenho operacional.

A avaliação do desempenho operacional da máquina em cada série de ensaios, abrangeu as seguintes determinações, conforme preconizam MIALHE e RIPOLI (1976):

- Eficácia de Manipulação - EM%;
- Índice de Matéria Estranha Total - IT%;
- Índice de Matéria Estranha Vegetal - IV%;
- Índice de Matéria Estranha Mineral - IM%;
- Capacidade Efetiva - CE (t/h).

3.2.2.4. Tratamentos efetuados.

Os tratamentos efetuados nas duas séries de ensaios são apresentados na Tabela II, com as respectivas codificações.

TABELA II -- Codificação e caracterização dos tratamentos efetuados, nas duas séries de ensaios.

SE	CÓDIGO DO TRATAMENTO	VARIÁVEIS DOS TRATAMENTOS			
		TOPOGRAFIA	DECLIVIDADE (%)	TIPO DE EITO	EITO DE (Nº DE LINHAS)
I	T-EA-7	de tabulei ro	3,1	amontoado	7
	T-EA-5			amontoado	5
	T-EE-7	esteirado	7		
	T-EE-5	esteirado	5		
II	E-EA-7	de encosta	24,8	amontoado	7
	E-EA-5			amontoado	5
	E-EE-7			esteirado	7
	E-EE-5			esteirado	5

Obs: SE = Série de Ensaio; T = tabuleiro; EA = eito amontoadado; EE = eito esteirado; 7 = eito de 7 linhas; 5 = eito de 5 linhas. Cada repetição correspondeu a "n" ciclos operacionais da carregadora, tendo sido realizadas 5 repetições por tratamento; E = encosta.

3.2.2.5. - Análise estatística

3.2.2.5.1. - Variância e teste de Tukey.

Foram empregados métodos usuais de análises de variância, o teste de Tukey para a comparação das médias, além de análises conjuntas, dos parâmetros obtidos no campo.

O seguinte esquema de análise de variância foi empregado:

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.
TIPOS DE EITO (E)	1
Nº DE LINHAS (L)	1
INT. E x L	1
RESÍDUO	16
TOTAL	19

Após a realização das análises individuais, de cada série de ensaio procedeu-se às análises conjuntas, conforme o esquema abaixo:

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QM	E (QM)	F
Topografia (T)	1	V1	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\sigma^2 + 2\sigma^2 + 4\sigma^2$ tel tl te t	V1+V7/V6+V5
tipo de Eito (E)	1	V2	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\sigma^2 + 4\phi$ E tel te	V2/V5
Nº de Linhas (L)	1	V3	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\sigma^2 + 4\phi$ R tel tl	V3/V6
Int. E X L	1	V4	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\phi$ ER tel el	V4/V7
Int. T X E	1	V5	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\sigma^2$ tel te	V5/V7
Int. T X L	1	V6	$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\sigma^2$ tel tl	V6/V7
Int. T X E X L	1	V7	$\sigma^2 + \sigma^2$ tel	V7/V8
Resíduo Médio	32	V8	σ^2	-
Total	39			-

onde: $E(QM)$ significa esperança matemática dos quadrados médios.

No caso da Interação (E x L) houve interesse em se desdobrar os G.L. visando o estudo de eitos dentro de linhas, mesmo que essa interação não apresente teste F significativo. Para o teste F, desse desdobramento, será usado o V5 (QM int. T X E) como denominador.

Os valores dos parâmetros relativos a qualidade da matéria prima carregada, ou sejam, IV% - Índice de matéria estranha vegetal; IM% - Índice de matéria estranha mineral e IT% - Índice de matéria estranha total, foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Os valores do parâmetro EM% - Eficácia de manipulação foram transformados em $\arcsen \sqrt{x}$, enquanto que os valores do parâmetro CE - capacidade efetiva não sofreram transformações para aplicações das análises estatísticas. As transformações foram feitas para homogeneizar as variâncias e tornar os dados aproximadamente normais. As mesmas encontram-se no Apêndice I.

3.2.2.5.2. Regressões

De posse dos modelos expressos pelas equações (14) e (22), respectivamente, para topografia de tabuleiro e de encosta, foram aplicadas regressões entre os parâmetros considerados como variáveis independentes nesses modelos, a saber:

CL = quantidade de colmos por metro linear de eito, por ciclo operacional (Kg/m);

\overline{AB} = percurso percorrido sobre eito de colmos, por ciclo operacional (m);

EM = eficácia de manipulação (%);

\overline{PT} = percurso total percorrido, por ciclo operacional (s);

TC = tempo parcial consumido, por ciclo operacional (s).

Em cada regressão, os limites dos valores aplicados, referem-se aos limites encontrados no campo. Os pares

de dados utilizados em cada regressão encontram-se no Apêndice II. Assim, as regressões efetuadas foram:

CL X AB PT X CL PT X EM TC X PT TC X TT

PT X AB TC X CL TT X EM TT X PT

TC X AB EM X CL TC X EM

EM X AB TT X CL

TT X AB

4. - RESULTADO E DISCUSSÃO.

4.1. CARACTERIZAÇÃO COMPLEMENTAR DAS CONDIÇÕES DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.

Após aplicados os métodos propostos por RIPOLI et alii (1977) e BALASTREIRE & RIPOLI (1975) nas duas séries de ensaios, a complementação da caracterização das condições da cultura da cana-de-açúcar, são apresentadas na Tabela III.

TABELA III - Complementação da caracterização das condições da cultura de cana-de-açúcar para cada série de ensaios.

SE	brix	Declividade terreno (%)	L _C (m)	D (m)	Q	U (%)	CL	CD
I	18,2	3,1	2,51	8,3	boa	9,1	ba	8,4
II	18,0	24,8	1,80	8,5	boa	8,2	ba	6,6

Obs.: SE = Série de Ensaio; L_C = comprimento médio dos colmos; D = distância média entre montes; Q = qualidade de queima; U = umidade atual do solo; CL = classe textural do solo; CD = distância média entre eitos; ba = franco arenoso.

4.2. DETERMINAÇÕES PONDERAIS E DIMENSIONAIS OBTIDAS NO CAMPO.

Os resultados das determinações ponderais e dimensionais efetuadas no campo, nas séries de ensaios I e II, após aplicado o método proposto por MIALHE & RIPOLI (1976) são apresentadas nas Tabelas IV e V, respectivamente.

TABELA IV - Parâmetros obtidos no campo, na série de ensaios em relevo de tabuleiro (I)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
TRAT	REP	EITO (m)	CIC	(s)	CARR(Kg)	PRIKA(Kg)	AMOST(Kg)	COLMOS NA	MAT VEG NA	MAT NA	MIN NA	PERDA COLMO EITO(Kg)
=====												
T-EA-7	1	137,20	9	388	8830	742,1	740,1	740,1	1,27	,72		86,0
	2	137,20	9	373	9020	893,3	886,0	886,0	5,36	1,96		81,0
	3	131,60	9	367	8825	955,5	951,0	951,0	,99	3,48		85,7
	4	130,30	9	370	9030	912,3	910,0	910,0	1,16	1,16		95,9
	5	120,00	9	351	9010	1017,0	1015,0	1015,0	1,08	,88		81,4
=====												
T-EA-5	1	120,00	7	428	5890	468,1	464,9	464,9	3,00	,20		57,5
	2	127,80	7	362	6125	491,0	487,0	487,0	2,13	1,84		42,8
	3	137,90	9	499	7820	637,1	631,0	631,0	4,35	1,73		52,5
	4	157,50	8	405	7280	660,9	658,0	658,0	2,50	,42		67,0
	5	166,70	9	389	8455	320,7	317,0	317,0	1,61	2,06		56,5
=====												
T-EE-7	1	85,20	7	303	6890	1085,6	1079,0	1079,0	1,38	5,35		31,7
	2	86,20	7	246	6180	1027,3	1090,0	1090,0	3,40	3,94		34,0
	3	70,50	7	241	7050	685,0	681,0	681,0	1,34	2,70		32,4
	4	84,60	6	199	6950	1000,1	995,0	995,0	4,11	1,12		26,5
	5	111,70	8	316	8105	1026,1	1021,0	1021,0	2,30	3,04		28,9
=====												
T-EE-5	1	171,90	9	308	9000	979,1	997,0	997,0	1,12	,99		40,4
	2	193,70	9	324	9270	994,0	990,9	990,9	1,32	1,81		59,0
	3	117,50	6	302	6060	903,6	889,9	889,9	1,21	2,42		24,0
	4	111,00	6	193	5900	936,7	934,0	934,0	1,02	1,50		41,7
	5	126,50	7	215	6850	889,7	881,0	881,0	1,74	6,89		45,5
=====												

Obs: TRAT = Tratamentos; REP = repetições; COMPR = comprimen-
to; NUM = número; CIC = ciclos; MAT = Matéria; CARR =
carregada; AMOST = amostra; VEG = Vegetal; MIN = mine-
ral; T = tabuleiro; EA = eito amontoado; EE = eito es-
teirado; 5 ou 7 = número de linhas por eito.

TABELA V - Parâmetros obtidos no campo, na série de ensaios em relevo de encosta(II).

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
TRAT	REP	DO EITO (m)	NUM CIC	TEMPO TOTAL (s)	MATER PRIMA (Kg)	AMOSTRA MATER PRIMA (Kg)	COLMOS NA (Kg)	MAT VEG NA (Kg)	MAT NA (Kg)	PERDA COLMO EITO (Kg)
E-EA-7	1	47,9	5	349	3920	640,9	639,5	,84	,58	205,6
	2	63,0	5	412	3905	460,0	458,0	1,05	,99	135,7
	3	79,4	5	356	3750	499,9	497,5	1,33	1,01	199,9
	4	63,9	5	356	3655	699,3	695,0	2,36	1,98	129,0
	5	79,0	6	373	4755	539,8	538,0	,93	,88	123,0
E-EA-5	1	102,0	5	259	3740	655,5	662,3	1,89	1,32	95,8
	2	128,0	5	471	4065	661,8	657,0	2,03	2,80	101,8
	3	115,2	5	376	3875	801,6	797,5	2,40	1,69	139,9
	4	107,6	5	417	3705	625,7	620,0	1,98	3,72	177,8
	5	101,1	5	423	4675	741,9	740,2	,75	,93	239,1
E-EE-7	1	81,7	6	569	4295	651,3	654,8	2,51	2,98	362,4
	2	80,7	5	382	3830	732,0	728,3	1,68	2,04	270,1
	3	69,0	5	272	4165	705,6	701,3	2,38	1,88	84,0
	4	95,0	5	540	3760	762,8	757,5	3,20	2,10	410,5
	5	91,5	5	325	4400	934,3	930,0	2,48	1,79	285,0
E-EE-5	1	113,5	5	514	4020	376,8	373,3	1,75	1,79	270,6
	2	121,2	5	526	4205	524,4	521,5	1,10	1,85	298,0
	3	119,5	5	580	4055	578,4	574,7	1,26	2,45	198,6
	4	120,5	5	590	4250	637,1	633,0	1,56	2,51	472,9
	5	115,6	5	633	3865	674,6	670,4	2,08	2,13	571,3

Obs: TRAT = Tratamentos; REP = Repetições; COMPR = comprimento; NUM = número; CIC = ciclos; MAT = Matéria; CARR = carregada; AMOST = amostra; VEG = Vegetal; MIN = mineral; T = tabuleiro; EA = eito amontoado; EE = eito esteirado; 5 ou 7 = número de linhas por eito.

4.3. PROCESSAMENTO E TABULAÇÃO DOS RESULTADOS DAS DETERMINAÇÕES OBTIDAS NO CAMPO.

De posse dos resultados das determinações obtidas no campo, procedeu-se as tabulações necessárias, tabelas VII a X, cujas codificações e forma de obtenção dos parâmetros finais desejados encontram-se na Tabela VI.

Os valores transformados conforme descritos no item 3.2.2.5. e que sofreram análise estatística encontram-se no Apêndice I. Por sua vez, os parâmetros envolvidos nos modelos expressos pelas equações (14) e (22) dos itens 3.2.1.1. e 3.2.1.2. são apresentados nas Tabelas XI e XII. Estas contêm, ainda, os valores de CE* - capacidades efetivas obtidas através desses modelos e os valores de CE - capacidades efetivas obtidas no campo, através de tabulações.

Para fins de melhor visualização, montou-se a Tabela XII que contêm os valores máximos, médios e mínimos obtidos no campo, dos parâmetros envolvidos nos ciclos operacionais da máquina. Com os mesmos fins foi montada a Tabela XIV que contêm os valores de capacidades efetivas, nas duas séries de ensaios (condições de topografia e de encosta), transformados em t/h.

CE* - Designação doravante adotada para as capacidades efetivas obtidas através dos modelos (equações 14 e 22).

TABELA VI - Codificação e forma de obtenção dos parâmetros desejados através de tabulação dos valores constantes nas tabelas IV e V.

Coluna	forma de obtenção	Parâmetros	coluna	forma de obtenção	Parâmetros
J	C/B	TT (s)	T	S/7 ou 5 (*)	CL (kg/m)
K	D/B	CG (kg)	U	R/A	
L	D/C		V	U/7 ou 5 (*)	
M	F.100/E		X	10000/espacamento (*)	
N	G.100/E	IV (%)	Y	T.X	
O	H.100/E	IM (%)	Z	Y+(V.X)	
P	G+H		W	Y.100/Z	
Q	N+O	IT (%)	η	100 - W	EM (%)
R	(D.Q/100)-D		ψ	A/B	\overline{AB} (m)
S	I/A		ϕ	R. η /C	C.E. Real (kg/s)

(*) dependendo do tratamento; TT = tempo total do ciclo; CG = capacidade da garra; IV = Índice de matéria estranha vegetal; IM = Índice de matéria estranha mineral; IT = Índice de matéria estranha total; CL = quantidade de colmos por metro linear de eito; EM = Eficácia de manipulação; \overline{AB} = percurso de carregamento do ciclo e CE = capacidade efetiva obtida no campo.

TABELA VII - Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de tabuleiro (I).

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
TRAT	REP	TEMPO X POR CICLO(s)	MAT.PRIMA CARREG / CICLO(s)	C.E. CONVENC. (Kg/s)	% DE COLMOS AMOSTRA	% MAT. VEGETAL AMOSTRA	% MAT. MINERAL AMOSTRA	TOT MAT ESTRANHA AMOST(Kg)	% TOT MAT ESTR AMOSTRA	PESO LIQ COLMOS CARREG(Kg)
T-EA-7	1	43	981,11	22,76	99,73	,17	,10	1,99	,27	8806,3
	2	41	1002,22	24,18	99,18	,60	,22	7,32	,82	8946,1
	3	41	980,56	24,05	99,53	,10	,36	4,47	,47	8783,7
	4	41	1003,33	24,41	99,75	,13	,13	2,32	,25	9007,0
	5	39	1001,11	25,67	99,80	,11	,09	1,96	,19	8992,6
T-EA-5	1	61	841,43	13,76	99,32	,64	,04	3,2	,68	5849,7
	2	52	875,00	16,92	99,19	,43	,37	3,97	,81	6075,5
	3	55	868,89	15,67	99,04	,68	,27	6,08	,95	7745,4
	4	51	910,00	17,98	99,56	,38	,06	2,92	,44	7247,8
	5	43	939,44	21,74	98,85	,50	,64	3,67	1,14	8358,2
T-EE-7	1	43	984,29	22,74	99,39	,13	,49	6,73	,62	6847,3
	2	35	882,86	25,12	106,10	,33	,38	7,34	,71	6135,8
	3	34	1007,14	29,25	99,42	,20	,39	4,04	,59	7008,4
	4	33	1158,33	34,92	99,49	,41	,11	5,23	,52	6913,7
	5	40	1013,13	25,65	99,50	,22	,30	5,34	,52	8062,8
T-EE-5	1	34	1000,00	29,22	101,83	,11	,10	2,11	,22	8980,6
	2	36	1030,00	28,61	99,69	,13	,18	3,13	,31	9240,8
	3	50	1010,00	20,07	98,48	,13	,27	3,63	,40	6035,7
	4	32	983,33	30,57	99,71	,11	,16	2,52	,27	5884,1
	5	31	978,57	31,66	99,02	,20	,77	8,63	,97	6783,6

(continua)

Obs: TRAT = tratamentos; T = tabuleiro; EA = oito amontoado; EE = oito esteirado; 5 e 7 = número de linhas por oito; REP = repetições; MAT = matéria; CARREG = carregada(o); CE = Capacidade Efetiva; CONVENC = convencional; TOT = Total; ESTR = estranha; LIQ = Líquido.

TABELA VIII - Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em re-
levo de tabuleiro (I).

(continuação) S		T	U	V	W	X	Y	Z	η	ψ	ϕ	
TRAT	REP	PERDAS COLMOS/m EITO(Kg)	PERDAS COLMOS/m SULCO(Kg)	COLMOS/m LINEAR EITO (Kg)	COLMOS/m LINEAR SULCO(Kg)	% PERDAS POR ha	M.LINEAR DE SULCO POR ha	PERDAS (Kg/ha)	REND. AGRICOLA (Kg/ha)	EM %	AB(m)	C.E. (Kg/s)
T-EA-7	1	,627	,090	64,186	9,17	,97	7142,86	639,61	66135,6	99,03	15,24	22,48
	2	,590	,084	65,205	9,31	,90	7142,86	602,43	67137,9	99,10	15,24	23,77
	3	,651	,093	66,746	9,54	,97	7142,86	664,51	68772,2	99,03	14,62	23,70
	4	,736	,105	69,125	9,88	1,05	7142,86	751,01	71287,1	98,95	14,48	24,09
	5	,678	,097	74,939	10,71	,90	7142,86	692,18	77160,2	99,10	13,33	25,39
T-EA-5	1	,479	,096	48,748	9,75	,97	7142,86	684,52	70324,2	99,03	17,14	13,53
	2	,335	,067	47,539	9,51	,70	7142,86	478,43	68391,2	99,30	18,26	16,67
	3	,381	,076	56,167	11,23	,67	7142,86	543,87	80781,8	99,33	15,32	15,42
	4	,425	,085	46,018	9,20	,92	7142,86	607,71	66347,7	99,08	19,69	17,73
	5	,339	,068	50,139	10,03	,67	7142,86	484,19	72111,9	99,33	18,52	21,34
T-EE-7	1	,372	,053	80,367	11,48	,46	7142,86	379,66	82387,0	99,54	12,17	22,49
	2	,394	,056	71,181	10,17	,55	7142,86	402,48	73036,7	99,45	12,31	24,81
	3	,460	,066	99,410	14,20	,46	7142,86	468,95	101908,0	99,54	10,07	28,95
	4	,313	,045	81,722	11,67	,38	7142,86	319,63	83709,1	99,62	14,10	34,61
	5	,259	,037	72,183	10,31	,36	7142,86	264,01	73919,9	99,64	13,96	25,42
T-EE-5	1	,235	,047	52,243	10,45	,45	7142,86	335,74	74968,9	99,55	19,10	29,03
	2	,305	,061	47,707	9,54	,63	7142,86	435,14	68587,7	99,37	21,52	28,34
	3	,204	,041	51,367	10,27	,40	7142,86	291,79	73673,6	99,60	19,58	19,91
	4	,376	,075	53,010	10,60	,70	7142,86	536,68	76265,5	99,30	18,50	30,27
	5	,360	,072	53,625	10,72	,67	7142,86	513,83	77120,9	99,33	18,07	31,34

Obs: TRAT = tratamento; T = tabuleiro; EA = oito amontoado; EE = oito esteirado; 5 e 7 = número de linhas por eito; REP = repetições; M = metro; REND = rendimento; C.E. = capacidade efetiva obtida no campo.

TABELA IX - Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de encosta (II).

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
TRAT	REP	TEMPO X POR CICLO(s)	MAT.PRIMA CARREG / CICLO(s)	C.E. CONVENC. (Kg/s)	% DE COLMOS AMOSTRA	% MAT. VEGETAL AMOSTRA	% MAT. MINERAL AMOSTRA	TOT MAT ESTRANHA AMOST (Kg)	% TOT MAT ESTR AMOSTRA	PESO LIQ COLMOS CARREG (Kg)
E-EA-7	1	70	784,00	11,23	99,78	,13	,09	1,42	,22	3911,3
	2	82	781,00	9,48	99,57	,23	,22	2,04	,44	3887,7
	3	71	750,00	10,53	99,54	,27	,20	2,34	,47	3732,4
	4	71	731,00	10,27	99,39	,34	,28	4,34	,62	3632,3
	5	62	792,50	12,75	99,67	,17	,16	1,81	,34	4739,1
E-EA-5	1	52	748,00	14,44	101,04	,29	,20	3,21	,49	3721,7
	2	94	813,00	8,63	99,27	,31	,42	4,83	,73	4035,3
	3	75	775,00	10,31	99,49	,30	,21	4,09	,51	3855,2
	4	83	745,00	8,93	99,09	,32	,59	5,7	,91	3691,1
	5	85	935,00	11,05	99,77	,10	,12	1,67	,23	4664,5
E-EE-7	1	98	715,83	7,29	100,54	,39	,46	5,49	,84	4258,8
	2	76	766,00	10,03	99,49	,23	,28	3,72	,51	3810,5
	3	54	833,00	15,31	99,39	,34	,27	4,26	,60	4139,9
	4	108	752,00	6,96	99,31	,42	,28	5,3	,69	3733,9
	5	65	880,00	13,54	99,54	,27	,19	4,27	,46	4379,9
E-EE-5	1	103	804,00	7,82	99,07	,46	,48	3,54	,94	3982,2
	2	105	841,00	7,99	99,45	,21	,35	2,95	,56	4181,3
	3	116	811,00	6,99	99,36	,22	,42	3,71	,64	4029,0
	4	118	850,00	7,20	99,36	,24	,39	4,07	,64	4222,8
	5	127	773,00	6,11	99,38	,31	,32	4,21	,62	3840,9

(continua)

Obs: TRAT = tratamentos; E = encosta; EA = oito amontoado; EE = oito esteirado; 5 e 7 = número de linhas por oito; REP = repetições; MAT = matéria; CARREG = carregada(o); CE = Capacidade Efetiva; CONVENC = convencional; TOT = Total; ESTR = estranha; LIQ = Líquido.

TABELA X - Tabulação dos parâmetros obtidos no campo, da série de ensaios em relevo de encosta (II).

(continuação)		S	T	U	V	W	X	Y	Z	N	ψ	ϕ
TRAT	REP	PERDAS COLMOS/m EITO(Kg)	PERDAS COLMOS/m SULCO(Kg)	COLMOS/m LINEAR EITO (Kg)	COLMOS/m LINEAR SULCO(Kg)	% PERDAS POR ha	M.LINEAR DE SULCO POR ha	PERDAS (Kg/ha)	REND. AGRICOLA (Kg/ha)	EM %	AB(m)	C.E. (Kg/s)
E-EA-7	1	4,292	,613	81,656	11,67	4,99	9090,91	5574,38	111520,9	95,01	9,58	10,65
	2	2,154	,308	61,709	8,82	3,37	9090,91	2797,36	82939,2	96,63	12,60	9,12
	3	2,518	,360	47,008	6,72	5,08	9090,91	3269,65	64319,2	94,92	15,88	9,95
	4	2,019	,288	56,844	8,12	3,43	9090,91	2621,79	76444,9	96,57	12,78	9,85
	5	1,557	,222	59,988	8,57	2,53	9090,91	2022,03	79928,6	97,47	13,17	12,38
E-EA-5	1	,939	,188	36,487	7,30	2,51	9090,91	1707,66	68047,9	97,49	20,40	14,01
	2	,795	,159	31,526	6,31	2,46	9090,91	1446,02	58766,1	97,54	25,60	8,36
	3	1,214	,243	33,456	6,69	3,50	9090,91	2208,02	63054,4	96,50	23,04	9,89
	4	1,395	,279	28,950	5,79	4,60	9090,91	2535,47	55171,0	95,40	25,50	8,44
	5	2,365	,473	46,137	9,23	4,88	9090,91	4299,97	88185,9	95,12	20,22	10,49
E-EE-7	1	4,436	,634	52,127	7,45	7,84	9090,91	5760,70	73458,4	92,16	13,62	6,66
	2	3,347	,478	47,219	6,75	6,62	9090,91	4346,71	65669,5	93,38	16,14	9,31
	3	1,217	,174	59,998	8,57	1,99	9090,91	1581,03	79500,4	98,01	13,80	14,92
	4	4,321	,617	39,304	5,61	9,90	9090,91	5611,76	56655,8	90,10	19,00	6,23
	5	3,115	,445	47,868	6,84	6,11	9090,91	4045,14	66210,9	93,89	18,30	12,65
E-EE-5	1	2,384	,477	35,086	7,02	6,36	9090,91	4334,80	68127,1	93,64	22,70	7,25
	2	2,459	,492	34,500	6,90	6,65	9090,91	4470,45	67196,9	93,35	24,24	7,42
	3	1,662	,332	33,715	6,74	4,70	9090,91	3021,68	64322,4	95,30	23,90	6,62
	4	3,924	,785	35,044	7,01	10,07	9090,91	7135,42	70852,5	89,93	24,10	6,44
	5	4,942	,988	33,226	6,65	12,95	9090,91	8985,53	69395,7	87,05	23,12	5,28

Obs: TRAT = tratamentos; E = encosta; EA = eito amontoado; EE = eito esteira do; 5 e 7 = número de linhas por eito; REP = repetições; M = metro; REND = rendimento; C.E. = capacidade efetiva obtida no campo.

TABELA XI - Parâmetros obtidos para aplicação no modelo da série de ensaios I (relevo de tabuleiro), e os resultados de capacidades efetivas obtidas (no campo e pelo modelo).

TRAT	REP	C.L (Kg)	EM (%)	PT(m)	C.E (Kg/s)	AB (m)	TT (s)	TC (s)	CE*(Kg/s) OBTIDO MODELO
T-EA-7	1	64,186	99,03	22,31	22,48	15,24	43	26	22,48
	2	65,205	99,10	22,31	23,77	15,24	41	25	23,77
	3	66,746	99,03	21,69	23,70	14,62	41	24	23,70
	4	69,125	98,95	21,55	24,09	14,48	41	24	24,09
	5	74,939	99,10	20,40	25,39	13,33	39	21	25,39
T-EA-5	1	48,748	99,03	24,21	13,53	17,14	61	39	13,53
	2	47,539	99,30	25,33	16,67	18,26	52	34	16,67
	3	56,167	99,33	22,39	15,42	15,32	55	33	15,42
	4	46,018	99,08	26,76	17,73	19,69	51	34	17,73
	5	50,139	99,33	25,59	21,34	18,52	43	29	21,34
T-EE-7	1	80,367	99,54	19,24	22,49	12,17	43	22	22,49
	2	71,181	99,45	19,38	24,81	12,31	35	18	24,81
	3	99,410	99,54	17,14	28,95	10,07	34	12	28,95
	4	81,722	99,62	21,17	34,61	14,10	33	19	34,61
	5	72,183	99,64	21,03	25,42	13,96	40	22	25,42
T-EE-5	1	52,243	99,55	26,17	29,03	19,10	34	23	29,03
	2	47,707	99,37	28,59	28,34	21,52	36	25	28,34
	3	51,367	99,60	26,65	19,91	19,58	50	34	19,91
	4	53,010	99,30	25,57	30,27	18,50	32	21	30,27
	5	53,625	99,33	25,14	31,34	18,07	31	20	31,34

Obs: T = tabuleiro; EA = eito amontado; EE = eito esteira do; 5 e 7 = número de linhas por eito; CL = colmos por metro de eito; EM = Eficácia de Manipulação; PT = percurso total por ciclo; CE = Capacidade Efetiva; TT = tempo total por ciclo operacional; TC = Tempo de carregamento por ciclo; CE* = Capacidade Efetiva.

TABELA XII - Parâmetros obtidos para aplicação no modelo de série de ensaios II (relevo de encosta), e os resultados de capacidades efetivas obtidas (no campo e pelo modelo).

TRAT	REP	C.L (Kg)	EM (%)	PT(m)	C:E (Kg/s)	\overline{AB} (m)	TT (s)	TC (s)	CE*(Kg/s) OBTIDO MODELO
E-EA-7	1	81,656	95,01	40,25	10,65	9,58	70	17	10,65
	2	61,709	96,63	49,31	9,12	12,60	82	21	9,12
	3	47,008	94,92	59,15	9,95	15,88	71	19	9,95
	4	56,844	96,57	49,85	9,85	12,78	71	18	9,85
	5	59,988	97,47	51,01	12,38	13,17	62	16	12,38
E-EA-5	1	36,487	97,49	72,71	14,01	20,40	52	15	14,01
	2	31,526	97,54	88,31	8,36	25,60	94	27	8,36
	3	33,466	96,50	80,63	9,89	23,04	75	21	9,89
	4	28,950	95,40	88,01	8,44	25,50	83	24	8,44
	5	46,137	95,12	72,17	10,49	20,22	85	24	10,49
E-EE-7	1	52,127	92,16	52,36	6,66	13,62	98	26	6,66
	2	47,219	93,38	59,93	9,31	16,14	76	21	9,31
	3	59,998	98,01	52,91	14,92	13,80	54	14	14,92
	4	39,304	90,10	68,51	6,23	19,00	108	30	6,23
	5	47,868	93,89	66,41	12,65	18,30	65	18	12,65
E-EE-5	1	35,086	93,64	79,61	7,25	22,70	103	29	7,25
	2	34,500	93,35	84,23	7,42	24,24	105	30	7,42
	3	33,715	95,30	83,21	6,62	23,90	116	33	6,62
	4	35,044	89,93	83,81	6,44	24,10	118	34	6,44
	5	33,226	87,05	80,87	5,28	23,12	127	36	5,28

Obs: E = encosta; EA = oito amontoado; EE = oito esteirado; 5 e 7 = número de linhas por oito; CL = colmos por metro de oito; EM = Eficácia de Manipulação; PT = percurso total por ciclo; CE = Capacidade Efetiva; TT = tempo total por ciclo operacional; TC = Tempo de carregamento por ciclo; CE* = Capacidade Efetiva.

TABELA XIII - Valores mínimos, médios e máximos obtidos no campo dos parâmetros envolvidos nos ciclos operacionais da máquina.

S.E.	I			II		
	MÍNIMOS	MÉDIOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MÉDIOS	MÁXIMOS
CE (kg/s)	13,5	24,0	34,6	5,3	9,3	14,9
TC (s)	12	25	39	14	24	36
TM (s)	11	17	22	37	62	91
TT (s)	31	42	61	52	86	127
CL (kg/m)	46,0	62,6	99,4	28,9	45,1	81,7
CG (kg)	841	967	1158	716	749	935
\overline{PT} (m)	17,1	23,1	28,6	40,2	68,2	88,3
\overline{AB} (m)	10,0	16,0	21,5	9,6	18,9	25,6
EM (%)	98,9	99,3	99,6	87,0	94,5	98,0

Obs: SE = Séries de Ensaio; CE = Capacidade Efetiva; TC = tempo de carregamento do ciclo; TM = Tempo de manobra do ciclo; TT = Tempo total do ciclo; CL = Quantidade de colmos por metro linear de eito; CG = Capacidade de enchimento da garra; \overline{PT} = Percurso total do ciclo; \overline{AB} = Percurso de carregamento do ciclo e EM = Eficiência de manipulação.

Tabela XIV - Valores de capacidade efetiva obtidos nas duas séries de ensaios, transformados em t/h.

TRAT	REP	CE (t/h)	TRAT	REP	CE (t/h)
T-EA-7	1	80,92	E-EA-7	1	38,33
	2	85,57		2	32,82
	3	85,33		3	35,83
	4	86,71		4	35,47
	5	91,40		5	44,58
T-EA-5	1	48,72	E-EA-5	1	50,43
	2	60,00		2	30,08
	3	55,50		3	35,62
	4	63,84		4	30,40
	5	76,83		5	37,76
T-EE-7	1	80,98	E-EE-7	1	23,99
	2	89,30		2	33,53
	3	104,21		3	53,70
	4	124,59		4	22,43
	5	91,53		5	45,55
T-EE-5	1	104,50	E-EE-5	1	26,12
	2	102,02		2	26,71
	3	71,66		3	23,83
	4	108,98		4	23,17
	5	112,83		5	19,02

Obs: TRAT = tratamentos; T = tabuleiro; E = encosta; EA = eito amontoado; EE = eito esteirado; 5 e 7 = número de linhas por eito; REP = repetições; CE = Capacidades Efetivas.

4.4. ANÁLISE DE VARIÂNCIA.

Após aplicada a análise de variância conforme exposto no item 3.2.2.5. o resultado e discussão são apresentados a seguir:

4.4.1. Série de ensaios em relevo de tabuleiro (I).

Conforme apresentado na Tabela I, do item 3.1.2. a declividade do terreno onde ocorreu esta série de ensaios foi de 3,1%. As análises de variância desses ensaios, as médias de tratamentos para comparação de eitos (*) apresentadas a seguir conjuntamente com valores encontrados na bibliografia permitem as seguintes considerações:

TABELA XV - Valores de teste F e coeficientes de variação dos ensaios.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	Valores do teste F				
	IV(%)	IM(%)	IT(%)	EM(%)	CE(Kg/s)
TIPO DE EITO (E)	7,98*	0,98n.s.	0,56n.s.	51,06**	19,22**
Nº DE LINHAS (L)	2,17n.s.	0,06n.s.	1,10n.s.	0,08n.s.	3,93n.s.
INT. E X L	12,88**	0,63n.s.	7,49*	8,18*	5,31*
c.v.%	8,5	12,8	11,4	0,47	15,11

(*) Nos quadros de médias os valores entre parêntesis são dados transformados. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade.

a) Índices médios de matéria estranha vegetal - IV(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,53 (1,01) A	0,22 (0,84) A	0,37 (0,93) A
eito esteirado	0,14 (0,80) B	0,26 (0,87) A	0,20 (0,83) B
	0,33 (0,90)	0,24 (0,85)	

Este índice é um componente do Índice total de matéria estranha - IT(%) segundo preconizado por MIALHE e RIPOLI (1976) e equivale, na classificação de matéria estranha proposta por LOPEZ HERNANDEZ (1962), aos componentes: folhas e outros resíduos vegetais.

Na presente série de ensaios seu melhor comportamento se deu, em média, no tratamento eito esteirado de 5 linhas (0,14%) e o pior comportamento no tratamento eito amontoado de 5 linhas (0,53%).

Ocorreram diferenças significativas ao nível de 5% apenas nos tratamentos envolvendo 5 linhas. Nos demais não houveram significâncias.

Independente do sistema de colheita adotado a bibliografia citada apresenta valores relativos a este índice que variam de 0,1% conforme RIPOLI (1982) a 5,3% segundo FERNANDES & OLIVEIRA (1977).

Segundo LOPEZ HERNANDEZ (1962) a qualidade da queima, as condições climáticas no momento do corte, dentre outros fatores, interferem na qualidade da matéria-prima, podendo-se inferir que o primeiro fator afeta diretamente este IV(%) e o segundo afeta, além deste, o Índice de matéria estra

nha mineral - IM(%).

Neste trabalho, conforme metodologia proposta por BALASTREIRE & RIPOLI (1975) a queima foi considerada boa e, portanto, refletindo nos relativamente baixos percentuais de IV(%), os quais variaram de 0,10% a 0,68%. Tais valores são semelhantes aos encontrados por RIPOLI (1982) e bem menores aos encontrados por FERNANDES & OLIVEIRA (1977) que trabalharam, inclusive, em períodos de safra chuvosos. WADELL & PRICE (1965) confirmam que a presença de matéria estranha vegetal nas cargas e decorrência de queima inadequada.

O melhor comportamento do eito esteirado (0,14%) em confronto com o eito amontoado (0,53%), ambos de 5 linhas, a nível de 5% de significância, pode ser explicado considerando-se que:

- no eito amontoado a garra da carregadora vai apanhando dois ou mais montes sem que os colmos sofram rolamento entre si; dessa forma as eventuais folhas e palhas nelas existentes não tem possibilidade de permanecerem no campo, ficando aprisionados pela pressão dos colmos entre si e destes com as superfícies internas da garra;

- no eito esteirado, durante o deslocamento da máquina para encher a garra, esta trabalha aberta empurrando a esteira de cana, levando a esperados rolamentos, compressões e vibrações dos colmos, determinando a queda desse material vegetal ao solo;

Por sua vez, a não significância entre eitos de 5 e 7 linhas, pode ser explicado pela maior quantidade de colmos existentes por metro linear de eito de 7 linhas, dificultando o rolamento destes e também devido a menor distância percorrida pela máquina para encher a garra.

b) Índice de matéria estranha mineral - IM(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,27 (0,87)	0,18 (0,82)	0,22 (0,85)
eito esteirado	0,30 (0,89)	0,33 (0,91)	0,31 (0,90)
	0,28 (0,88)	0,25 (0,87)	

Este índice é o segundo e último componente do Índice total de matéria estranha - IT(%), conforme MIALHE & RIPOLI (1976). Na classificação de matéria estranha proposta por LOPEZ HERNANDEZ (1962) corresponde ao componente terra.

Na presente série de ensaios seu melhor comportamento se deu, em média, no tratamento eito amontoado de 7 linhas (0,18%) e o pior comportamento ocorreu no tratamento eito esteirado de 7 linhas (0,33%). Todavia tais valores não refletiram diferenças significativas.

Independente do sistema de colheita adotado a bibliografia citada apresenta valores de IM(%) que variam de 0,02%, segundo RIPOLI et alii (1984) a 9,4% segundo SOUTH AFRICA SUGAR ASSOCIATION (1981).

Especificamente para sistemas de colheita semi-mecanizada, ou sejam, aqueles onde o corte dos colmos é realizado manualmente e o carregamento é mecânico, na bibliografia citada encontram-se os seguintes valores:

AUTORES

	IM(%)
FERNANDES & OLIVEIRA (1979)	1,6 a 2,8
MONTEIRO et alii (1982)	0,11 e 1,19
SOUTH AFRICA SUGAR ASSOCIATION (1981)	3,9 a 9,4
RIPOLI et alii (1984)	0,02 a 1,07
ALVES BERTO & MIALHE (1979)	0,21 a 0,97
AZZI (1972)	1,368
RIPOLI (1982)	0,05 a 0,23
IAA-PLANALSUCAR (1983)	0,1 a 1,3
FURLANI NETO (1984)	2,39

Comparando-se a faixa de variação de IM(%) para a presente série de ensaios, de 0,10% a 0,77%, com os resultados obtidos pelos autores acima citados, observa-se maior proximidade com os resultados de MONTEIRO et alii (1982); RIPOLI et alii (1984); ALVES BERTO & MIALHE (1979); RIPOLI (1982) e IAA-PLANALSUCAR (1983).

Conforme a Tabela III do item 4.1, observa-se que a classe textural do solo é franco arenoso e o teor de umidade desse solo foi de 9,1%. A associação desses dois fatores justifica os baixos índices aqui encontrados. A não significância entre todos os tratamentos analisados, pode ser explicada em função dessas condições de solo e umidade, além de boa aptidão do operador em manejar a garra, evitando sua penetração no terreno e o arrastamento de maior quantidade de solo junto aos colmos carregados.

c) Índice total de matéria estranha - IT(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,80 (1,14) A	0,40 (0,95) A	0,60 (1,04)
eito esteirado	0,43 (0,96) B	0,59 (1,04) A	0,51 (1,00)
	0,61 (1,05)	0,49 (0,99)	

Este Índice, que se enquadra perfeitamente na definição de COCHRAN & CLAYTON (1969) representa a soma dos Índices anteriores e reflete a qualidade da matéria-prima que é levada à indústria.

Na presente série de ensaios seu melhor comportamento se deu, em média, no tratamento oito amontoado de 7 linhas (0,40%) e o pior comportamento no tratamento oito amontoado de 5 linhas (0,80%). Houveram diferenças significativas ao nível de 5% apenas nos tratamentos envolvendo 5 linhas. Nos demais não houve significância.

Independente do sistema de colheita adotado, a bibliografia citada apresenta valores de IT% - Índice total de matéria estranha que variam de 0,3% segundo RIPOLI et alii (1984) a 35% segundo PAYNE & RHODES, citados por FERNANDES e OLIVEIRA (1977).

Especificamente para sistemas de colheita semi-mecanizado, ou seja, os que utilizam corte manual e carregamento mecânico, os valores encontrados pelos autores citados foram:

Autores	Países	IT (%)
AZZI (1972)	BRASIL	2,02 a 4,52
BETANCOURT (1967)	CUBA	3,03
MONTEIRO et alii (1982)	BRASIL	3,98 a 5,01
TENÓRIO et alii (1983)	BRASIL	4,4 a 12,4
SOUTH AFRICA SUGAR AS. (1981)	ÁFRICA DO SUL	3,9 a 9,4
RIPOLI et alii (1984)	BRASIL	0,3 a 1,69
ALVES BERTO E MIALHE (1979)	BRASIL	0,91 a 2,46
RIPOLI (1982)	BRASIL	0,15 a 0,44
IAA-PLANALSUCAR (1983)	BRASIL	4,8
FURLANI NETO (1984)	BRASIL	3,75

Por sua vez, a faixa de variação do Índice de Matéria estranha total - IT(%) encontrado no presente trabalho foi de 0,19% a 1,14%, bastante abaixo da maioria dos valores encontrados na bibliografia. Tal fato pode ser explicado com base em dois aspectos:

- os teores de umidade do solo, de 8,2 e 9,1%, foram relativamente baixos, confirmando a afirmação de HUBBERT & PAYNE (1973) de que colheita em época chuvosa aumenta a incidência de matéria estranha;

- o tipo de solo, franco arenoso, também concorre para menor aderência de suas partículas aos colmos durante o carregamento, principalmente sob condição de pouca umidade do solo.

Na bibliografia consultada, foi encontrado apenas um trabalho estudando a influência de número de linhas cortadas por eito e o tipo de eito. Os resultados obtidos por RIPOLI et alii (1984), para carregadoras convencionais, foram os seguintes:

Tipo de eito	nº linhas	IV(%)	IM(%)	IT(%)
esteirado	3	0,62	1,07	1,69
esteirado	5	0,46	0,30	0,77
esteirado	7	0,38	0,20	0,58

Os valores médios encontrados no presente estudo, para eitos esteirados de 5 e 7 linhas, foram:

Tipo de eito	nº de linhas	IV(%)	IM(%)	IT(%)
esteirado	5	0,14	0,30	0,43
esteirado	7	0,26	0,33	0,59

Comparando-se esses dois grupos de dados, observa-se que acham-se em ordem de grandezas próximas.

Como este índice é resultante da soma dos dois anteriores (vegetal e mineral), a significância a nível de 5% aqui encontrada, entre eitos de 5 ruas, amontoado e esteirado, justifica-se pela mesma significância ocorrida no índice componente de matéria estranha vegetal - IV(%). Portanto, a discussão obedece o mesmo raciocínio desenvolvido anteriormente.

d) Eficácia de manipulação - EM(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	99,21 (84,93)A	99,04 (84,38)A	99,12 (84,64) A
eito esteirado	99,43 (85,70)B	99,56 (86,20)B	99,49 (85,93) B
	99,32 (85,31)	99,30 (85,29)	

Este parâmetro, segundo MIALHE & RIPOLI (1976) é definido como a relação entre a quantidade de colmos carregados e a quantidade estimada de colmos cortados no eito. É referido na bibliografia como "perdas no campo", ou seja, colmos não cortados e/ou não carregados pelas máquinas.

Na presente série de ensaios, seu melhor comportamento se deu, em média, no tratamento eito esteirado de 7 linhas (99,56%) e o pior comportamento se deu em média, no tratamento eito amontoado de 7 linhas (99,04%). Ocorreram diferenças significativas a nível de 5% entre os tratamentos eito amontoado e eito esteirado, para 5 e para 7 linhas.

Independente do sistema de colheita adotado, encontrou-se na bibliografia citada os seguintes valores:

(t/ha)	Perdas (%)	Autores
7,18 a 17,56	-	FURLANI NETO (1984)
1,16 a 2,40	-	FURLANI NETO, et alii (1981)
2,7	-	IAA-PLANALSUCAR
1,03 a 7,52	-	RIPOLI (1982)
1,85 a 9,21	2,44 a 12,17	RIPOLI et alii (1984)
0,93 a 5,71	1,3 a 6,8	CERRIZUELA (1976)
5,94 a 8,257	-	CRUZ (1976)
-	1,7 a 3,9	SOUTH AFRICA SUG. ASS. (1981)

Na bibliografia consultada foi encontrado apenas um trabalho estudando a influência de número de linhas cortados por eito e o tipo de eito. Os resultados obtidos por RIPOLI et alii (1984), para carregadoras convencionais, bem como seu equivalente em EM(%) são os seguintes:

Tipo de eito	nº de linhas por eito	% Perdas	EM%
esteirado	3	2,64 e 12,17	97,36 e 87,83
esteirado	5	2,82 e 8,08	97,18 e 91,92
esteirado	7	2,44 e 6,75	97,56 e 93,25

Por sua vez, na presente série de ensaios, as Eficácias de manipulação obtidas apresentaram-se com uma faixa de variação de 98,95% a 99,64%, significando perdas de 1,05% a 0,36%, valores estes bem abaixo dos encontrados na bibliografia.

Uma possível justificativa para menores perdas nos tratamentos de eito esteirado, é a de que, nesta condição a máquina desloca-se enchendo a garra continuamente; os colmos são comprimidos entre si e assim, reduz-se o número de colmos não carregados ou de colmos que caem da garra. No caso de eito amontoado, o enchimento da garra é descontínuo e com

maior movimento relativo da garra para prender um monte até dirigir-se a outro; tal fato leva a quedas de colmos e a colmos não apanhados.

Genericamente, as perdas aqui ocorridas e consideradas baixas podem ser justificadas pela pouca declividade do terreno (3,1%) e pela boa aptidão do operador.

e) Capacidade efetiva - CE (kg/s).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	16,94A	23,89A	20,41 A
eito esteirado	27,78B	27,26A	27,52 B
	22,35	25,57	

De todos os parâmetros considerados no estudo de máquinas carregadoras de cana-de-açúcar, o que apresenta maior importância econômica é a capacidade efetiva, quando se adota, conceitualmente, a equação que a define, segundo MIALHE & RIPOLI (1976), na qual acha-se embutida a Eficácia de Manipulação - EM%. Na prática, o conceito de capacidade efetiva não leva em conta a qualidade da matéria prima carregada e nem as eventuais perdas dessa matéria prima decorrentes do não carregamento.

Na presente série de ensaios seu melhor comportamento se deu, em média, no tratamento eito esteirado de 5 linhas, (27,78 kg/s) e o pior comportamento se deu no tratamento eito amontoado de 5 linhas (16,94 kg/s). Ocorrendo diferenças significativas a nível de 5%, apenas entre esses dois tratamentos. Nos demais, não houve significância.

Na bibliografia citada os valores encontrados para este parâmetro são fornecidos a seguir. Com exceção de RIPOLI (1982) que utilizou uma carregadora com giro de garra de 180° em operação de carregamento sobre eitos reamontoados,

os demais autores trabalharam com máquinas convencionais.

CAPACIDADE EFETIVA (t/h)	AUTORES
73,83 a 118,72	RIPOLI (1982)
37,87	RIPOLI & MIALHE (1982)
38,65 a 72,97	RIPOLI et alii (1984)
20,64 a 47,3	ALVES BERTO & MIALHE (1979)
30,74 a 52,68	IAA-PLANALSUCAR (1977)

Na presente série de ensaios a faixa de variação dos valores de CE (kg/s) foi de 13,53 a 34,61, que equivale a 48,71 t/h e 124,60 t/h, respectivamente. Tais valores encontram-se acima dos apresentados na bibliografia, referentes à carregadoras convencionais.

Para o efeito do número de linhas, os dados médios aqui obtidos podem ser comparados com as médias obtidas por RIPOLI et alii (1984), sobre eitos esteirados:

	Nº LINHAS POR EITO	CE (t/h)
RIPOLI et alii (1984)		
a) máquina com recolhedor	5	50,86
	7	54,08
b) máquina convencional	5	62,54
	7	72,97
<hr/>		
NESTA SÉRIE DE ENSAIOS	5	100,00
	7	98,14

Observa-se que nas duas condições de número de linhas, a máquina objeto deste trabalho apresentou-se com melhor desempenho.

A maior capacidade efetiva para os tratamentos eito esteirado pode ser explicada pelo fato de que, nesta condição o tempo total consumido por ciclo operacional, em média,

foi menor do que na condição de oito amontoado. E isso, por sua vez, se deve ao fato de que no amontoado o operador é obrigado a manipular mais comandos da garra do que no esteira-do, concorrendo para um consumo maior de tempo.

Quanto as capacidades efetivas maiores, em eitos com 7 linhas, isso se deve a maior quantidade de colmos por metro linear de oito; portanto, necessitando de menores distâncias percorridas para o enchimento de garra.

Finalmente, em relação aos coeficientes de variação encontrados nesta série de ensaios, para os parâmetros $IV = 8,5\%$; $IM = 12,8\%$; $IT = 11,4\%$ e $CE = 15,11\%$ podem ser considerados bastante satisfatórios, enquanto que o c.v. para o parâmetro $EM = 0,47\%$ pode ser considerado extremamente baixo, em vista de tratar-se de estudos envolvendo máquina agrícola, sob condições de campo.

4.4.2. Série de ensaios em relevo de encosta (II).

A característica marcante desta série de ensaios foi, sem dúvidas, a condição do relevo (declividade de $24,8\%$). Na bibliografia consultada não se encontrou nenhum trabalho que apresentasse resultados de carregamento mecânico em áreas declivosas.

Dessa forma entende-se ser de pouca valia confrontar os resultados obtidos nesta série de ensaios com valores realizados em condições usuais de carregamento mecânico.

As análises de variância desses ensaios, as médias de tratamentos para comparação de eitos (*) são apresentados e discutidos a seguir:

(*) Nos quadros das médias os valores entre parentesis são dados transformados. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA XVI - Valores do teste F e coeficientes de variação dos ensaios.

Valores do teste F					
CAUSAS DE VARIAÇÃO	IV%	IM%	IT%	EM%	CE (Kg/s)
TIPO DE EITO (E)	2,50n.s.	3,46n.s.	3,87n.s.	11,56**	3,80n.s.
Nº DE LINHAS (L)	0,002n.s.	4,24n.s.	1,65n.s.	0,34n.s.	2,81n.s.
INT. E X L	0,85n.s.	0,03n.s.	0,33n.s.	0,89n.s.	2,35n.s.
c.v. %	5,8	7,3	8,6	3,7	25,1

a) Índice de matéria estranha vegetal - IV(%)

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,26 (0,87)	0,22 (0,85)	0,24 (0,86)
eito esteirado	0,29 (0,89)	0,33 (0,91)	0,31 (0,90)
	0,27 (0,88)	0,27 (0,88)	

b) Índice de matéria estranha mineral - IM(%)

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,29 (0,89)	0,19 (0,83)	0,24 (0,86)
eito esteirado	0,38 (0,94)	0,29 (0,89)	0,35 (0,92)
	0,33 (0,92)	0,24 (0,86)	

c) Índice total de matéria estranha - IT(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	0,56 (1,03)	0,40 (0,95)	0,48 (0,99)
eito esteirado	0,67 (1,08)	0,62 (1,06)	0,64 (1,07)
	0,61 (1,06)	(1,00)	

d) Eficácia de manipulação - EM(%).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	96,41 (79,19)A	96,12 (78,73)A	96,26 (78,96) A
eito esteirado	91,85 (73,67)B	93,51 (75,61)A	92,68 (74,64) B
	94,13 (76,43)	94,81 (77,17)	

e) Capacidade efetiva - CE(kg/s).

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	10,24	10,39	10,31
eito esteirado	6,60	9,95	8,28
	8,42	10,17	

Com exceção da Eficácia de manipulação - EM(%) todos os demais parâmetros analisados não apresentaram, em média, diferenças mínimas significativas nos diversos tratamentos, a nível de 5% de probabilidade.

A Eficácia de manipulação apresentou melhor comportamento em eito amontoado de 5 linhas com 96,41%, diferindo, significativamente, a nível de 5% de probabilidade do eito esteirado de 5 linhas, o qual apresentou o pior comportamento dentre todos estudados (91,85 %).

Quanto aos coeficientes de variação (c.v.) de IV (5,8%); IM (7,3%); IT (8,6%); EM (3,7%) podem ser considerados bastante satisfatórios por tratar-se de estudos envolvendo máquinas agrícolas sob condições de campo. O c.v. de 25,1% para a capacidade efetiva, é aceitável pelas mesmas razões.

4.4.3. Análises de variância conjuntas.

Com o objetivo de tentar um confronto global dos resultados, envolvendo as duas séries de ensaios, foram realizadas análises de variância conjunta, cujos resultados são apresentados a seguir, juntamente com as médias.

TABELA XVII - Valores do teste F e coeficientes de variação dos ensaios.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	Valores do teste F				
	IV(%)	IM(%)	IT(%)	EM(%)	CE(kg/s)
TOPOGRAFIA (T)	0,50	1,05	1,06	5,93	10,37
TIPO DE EITO (E)	0,20	602,36*	0,12	0,37	0,31
Nº DE LINHAS (L)	1,31	2,32	1434,89*	1,62	11,55
INT. E X L	2,04	1,72	1,92	2,60	0,16
INT. T X E	1,74	0,01	0,97	15,97	2,94
INT. T X L	0,26	1,89	0,0005	0,02	0,07
INT. T X E X L	5,96*	0,35	3,30	1,07	7,66**
c.v.%	7,26	10,39	10,08	2,50	18,33

Através do quadro de análise de variância anterior verifica-se que houve efeito significativo somente para a interação tripla nos parâmetros: Índice de matéria estranha vegetal - IV(%) e Capacidade efetiva - CE (kg/s); Tipo de eito para Índice de matéria estranha mineral - IM(%) e número de linhas para Índice total de matéria estranha - IT(%) .

Fez-se, ainda, o desdobramento de eitos dentro de número de linhas apesar de não ter havido efeito significativo para a interação eito x número de linhas. Esse desdobramento não apresentou diferença significativa. As médias de tratamentos para comparação de eitos (*) são apresentadas a seguir.

a) Índice de matéria estranha vegetal - IV%

	5 linhas	7 linhas	
eito amontado	0,38 (0,94)	0,22 (0,85)	0,29 (0,89)
eito esteirado	0,20 (0,84)	0,29 (0,89)	0,24 (0,86)
	0,29 (0,89)	0,26 (0,87)	

Houve diferença significativa apenas na interação tripla. Analogamente ao que ocorreu na série de ensaios I (topografia de tabuleiro), também para o efeito médio das duas condições de topografia estudadas o eito esteirado dentro de 5 linhas apresentou-se com melhor comportamento.

b) Índice de matéria estranha mineral - IM(%)

	5 linhas	7 linhas	
eito amontado	0,27 (0,88)	0,19 (0,83)	0,22 (0,85)A
eito esteirado	0,33 (0,91)	0,31 (0,90)	0,32 (0,91)B
	0,31 (0,90)	0,24 (0,86)	

Houve diferença significativa para tipos de eito, sendo o eito amontado mais eficiente, na média, das duas séries de ensaios.

(*) Nos quadros das médias os valores entre parêntesis são dados transformados. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade.

c) Índice total de matéria estranha - IT(%)

	5 linhas		7 linhas		
eito amontoado	0,67	(1,08) A	0,40	(0,95) A	0,54 (1,02)
eito esteirado	0,54	(1,02) A	0,60	(1,05) B	0,58 (1,04)
	0,60	(1,05)	0,50	(1,00)	

Somente para número de linhas houve efeito significativo, observando-se pelas médias das duas séries de ensaios que, no eito de 7 linhas, este índice foi menor (0,40).

d) Eficácia de manipulação - EM(%)

	5 linhas		7 linhas		
eito amontoado	97,81	(83,06)	97,84	(81,56)	97,69 (82,31)
eito esteirado	96,79	(79,68)	97,50	(80,90)	97,15 (80,29)
	96,72	(81,37)	97,67	(81,23)	

Para este índice não se registrou nenhum efeito significativo na análise conjunta.

e) Capacidade efetiva - CE (kg/s)

	5 linhas	7 linhas	
eito amontoado	13,59	17,14	15,36
eito esteirado	17,19	18,60	17,90
	15,39	17,87	

Neste caso a interação tripla apresentou significância. Isto indica que o desempenho da máquina, em termos de CE, apenas se diferencia estatisticamente quando ocorre variações nos três fatores operacionais estudados: topografia, número de linhas por eito (5 ou 7) e tipo de eito (amontado ou esteirado)

4.5. ANÁLISE DAS REGRESSÕES.

Conforme critério descrito no item 3.2.2.6. a análise das regressões encontra-se no Apêndice II, e o resumo dos resultados é apresentado na tabela XVIII.

TABELA XVIII - Resumo das análises de variâncias (teste F) e coeficientes de determinação das regressões entre os parâmetros nos dois modelos, para ambas as séries de ensaios.

Série de Ensaio	I			II		
	regressões	F	r ²	D/I	F	r ²
CL x \overline{AB}	97,64**	0,84435	I	144,72**	0,88938	I
\overline{PT} x \overline{AB}	3,68.10 ⁶ **	0,99999	D	59924,40**	0,99970	D
\overline{PT} x CL	97,64**	0,84435	I	143,96**	0,88886	I
TT x TC	79,60**	0,81558	D	942,25**	0,98125	D
TC x CL	22,77**	0,55854	I	11,59**	0,39183	I
TC x \overline{PT}	9,22**	0,33873	D	14,04**	0,43822	D
TC x EM	2,48n.s.	0,12119	-	21,12**	0,53990	I
TT x EM	2,32n.s.	0,114436	-	23,45**	0,56577	I
TC x \overline{AB}	9,22**	0,33873	D	13,80**	0,43403	D
EM x \overline{AB}	0,15n.s.	0,00817	-	1,32n.s.	0,68241	-
TT x AB	0,76n.s.	0,04047	-	8,07n.s.	0,30966	-
EM x CL	1,36n.s.	0,07025	-	1,73n.s.	0,08802	-
TT x CL	3,91n.s.	0,17845	-	6,84n.s.	0,27543	-
\overline{PT} x EM	0,15n.s.	0,00817	-	1,29n.s.	0,06708	-
TT x \overline{PT}	0,76n.s.	0,04047	-	8,22n.s.	0,31358	-

F = níveis de significância, ** = 1%; n.s. = não significativo; r² = coeficientes de determinação; D = correlações diretas e I = correlações inversas.

Analisando-se os resultados apresentados na tabela XVIII, observa-se que:

- .- A correlação linear direta entre \overline{PT} (percurso total do ciclo) com \overline{AB} (percurso de carregamento do ciclo) é devida ao fato de que \overline{AB} é um componente de \overline{PT} , portanto valores maiores ou menores de \overline{AB} , levam a valores maiores ou menores de \overline{PT} , respectivamente; justificando portanto a significância de 1% com alto coeficiente de determinação (0,999) para ambas as séries de ensaios.
- .- A correlação linear direta entre TT (tempo total do ciclo) com TC (tempo de carregamento do ciclo) é devida ao fato de que TC é uma parcela de TT, portanto valores maiores ou menores de TC, levam a valores maiores ou menores de TT, respectivamente, justificando a significância de 1% com relativamente alto coeficiente de determinação (0,815) para série de ensaios I e (0,981) para série de ensaios II.
- .- A correlação linear direta entre TC (tempo de carregamento do ciclo) e \overline{PT} (percurso total do ciclo) é devida ao fato de que o primeiro é função da distância \overline{AB} de carregamento, desde que se mantenha uma velocidade média harmônica constante, e esta distância por sua vez é parte componente do percurso total do ciclo- \overline{PT} .
Como \overline{AB} e TC também apresentam correlação linear direta, infere-se a influência de TC sobre \overline{PT} . Por esta situação de dependência múltipla pode-se justificar um coeficiente de determinação baixo entre TC e \overline{PT} de 0,33873 e 0,43822 respectivamente para as duas séries de ensaios.
- .- A correlação linear direta entre TC (tempo de carregamento de ciclo) e \overline{AB} (percurso percorrido sobre oito de colmos) é devido ao fato de que, mantendo-se uma velocidade média harmônica constante, TC aumenta ou diminui, na medida em

que \overline{AB} é maior ou menor, o que, por sua vez é em função de CL (quantidade de colmos por metro linear de eito). O baixo coeficiente de determinação pode ser explicado pela interferência de CL no comportamento de \overline{AB} .

- .- A correlação linear inversa entre CL (quantidade de colmos por metro linear de eito) e \overline{AB} (percurso percorrido sobre eito de colmos), é devida ao fato de que quanto maior ou menor for a quantidade de colmos (kg/m linear) no eito, menores ou maiores percursos (\overline{AB}) a máquina deverá percorrer, para encher a garra. Justificando-se assim, a significância de 1% e o relativamente alto coeficiente de determinação (0,844) para série de ensaios I e para série de ensaios II (0,889).
- .- A correlação linear inversa entre \overline{PT} (percurso total do ciclo) e CL (quantidade de colmos por metro linear de eito) é devida ao fato de que CL afeta \overline{AB} como visto no item anterior, e este é uma parcela de \overline{PT} , justificando portanto a significância de 1% e o relativamente alto coeficiente de determinação (0,844) para série de ensaios I e de (0,880) para série de ensaios II.
- .- A correlação linear inversa entre TC (tempo de carregamento do ciclo) e CL (quantidade de colmos por metro linear de eito) é devida ao fato de que quanto maior ou menor seja CL, o tempo consumido para a máquina encher a garra será menor ou maior, respectivamente. Neste caso apesar do nível de significância ter sido de 1%, o coeficiente de determinação pode ser considerado médio (0,558) para série de ensaios I e baixo (0,391) para a série de ensaios II.
- .- A correlação linear inversa entre TC (tempo de carregamento do ciclo) e EM (Eficácia de Manipulação) apenas na se-

rie de ensaios II (relevo de encosta) pode ser explicada pelo fato de que na medida em que a garra vai sendo enchida, as pressões entre os colmos e destes com as partes internas daquela, vão sendo maiores, o que associado ao declive por onde a máquina opera, leva a menores perdas de colmos. No caso da série de ensaios I (topografia de tabuleiro) acredita-se que as pressões referidas acima, não são suficientes para refletir em maiores Eficácias de manipulação.

- A correlação linear inversa entre TT (tempo total do ciclo) e EM (Eficácia de manipulação) segue o mesmo raciocínio do item anterior, visto que TC (tempo de carregamento do ciclo) é um componente de TT (tempo total do ciclo). Todas as demais regressões lineares efetuadas entre as variáveis dos dois modelos matemáticos, não apresentaram correlações significativas e os valores dos coeficientes de determinação mostraram-se extremamente baixos, demonstrando com isso que esses parâmetros devem ser considerados independentes entre si.

5. - CONCLUSÕES.

Os resultados e discussões constantes no capítulo precedente, sobre os modelos matemáticos desenvolvidos e apresentados nas equações (14) e (22); sobre os dados analíticos e experimentais, conduz a conclusões específicas e gerais.

5.1. ESPECÍFICAS.

Conforme colocado no item 1, verifica-se que é possível explicar-se o comportamento de carregadoras de cana-de-açúcar através de modelos matemáticos. Os dois modelos desenvolvidos neste trabalho constituem-se numa primeira aproximação, uma vez que as variáveis consideradas como independentes, na verdade, muitas delas, mostraram-se dependentes entre si.

Uma segunda aproximação dos modelos, exigiria a montagem de um programa experimental visando estabelecer o equacionamento entre os parâmetros que apresentaram dependência, entre si, a saber:

- . Para ambas as séries de ensaios:
TC(s); TT(s); \overline{AB} (m); \overline{PT} (m) e CL (kg/m)
- . Apenas para a série de ensaios II (condição de encosta):
EM(%)

Considerando-se essas dependências entre as tomadas como independentes, os resultados obtidos pelos modelos e os obtidos no campo, evidentemente foram coincidentes; todavia fora dessa condição nada assegura que essa igualdade seja conseguida.

5.2. GERAIS

Os resultados e discussões apresentados nos itens 4.4.1., 4.4.2. e 4.4.3. permitem apresentar as seguintes conclusões gerais.

5.2.1. Sobre Índice de matéria estranha vegetal - IV(%).

.- o eito esteirado foi melhor que o eito amontoado, principalmente quando se trabalha com 5 linhas por eito, na série de ensaios I (relevo de tabuleiro);

.- na série de ensaios II (relevo de encosta) todos os tratamentos tiveram o mesmo comportamento estatístico, não diferindo entre si;

.- os valores obtidos para este índice podem ser considerados muito bons.

5.2.2. Sobre Índice de matéria estranha mineral - IM(%).

Em relação a este índice e considerando-se o tipo de solo sobre o qual foram realizados os ensaios, bem como o seu teor de umidade, os valores encontrados podem

ser considerados muitos bons.

.- A não ocorrência de diferenças significativas entre todos os tratamentos estudados indica que, para este índice, as variações de eito (amontoado ou esteirado) e o número de linhas por eito (5 ou 7) não afetam seu resultado;

5.2.3. Sobre índice total de matéria estranha - IT(%).

.- O eito esteirado apresentou menor IT em relação ao eito amontoado, quando com 5 linhas de colmos por eito;

.- os valores obtidos para este índice podem ser considerados muito bons.

5.2.4. Sobre Eficácia de manipulação - EM(%).

.- Em ambas as séries de ensaios este parâmetro apresentou diferenças significativas. Na série de ensaios I (relevo de tabuleiro) o eito esteirado apresentou melhores resultados. Na série de ensaios II, ocorreu o inverso, ou seja, o eito amontoado apresentou melhor comportamento, no geral e quando em 5 linhas;

.- Os valores obtidos para este parâmetro, podem ser considerados muito bons.

5.2.5. Sobre Capacidade efetiva - CE (kg/s).

.- Na série de ensaios I (relevo de tabuleiro) os tipos de eitos (amontoado e esteirado) se comportaram diferentemente, em especial quando de 5 linhas de colmos por eito, sendo que o eito esteirado apresentou melhores resultados;

.- Os valores obtidos para este parâmetro na série de ensaios I (relevo de tabuleiro) podem ser considerados muito bons.

.- Tal fato, por sua vez, leva a conclusão de que, apesar da máquina objeto deste estudo ter sido projetada para operar, basicamente, em condições de relevos declivosos, ela pode tornar-se uma melhor opção, também, para operar em condições usuais de carregamento mecânico, em relevos planos e/ou ondulados.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AYALA, H.G., A. DELFINI e D. BRAVO, 1975. Influencia del Tipo de Cosecha de Caña de Azucar sobre las Perdidas de Sacaro se en Fabrica. In: ESTACION EXPERIMENTAL AGRICOLA DE TUCU MÁN. Cosecha Mecanica. Tucumán, p.1-5. (Publicacion Misce lânea, 53).
- AZZI, G.M., 1972. Incidência de Matéria Estranha nos Proces sos de Carregamento de Cana-de-Açúcar. Piracicaba, ESALQ/ USP, 112p. (Tese de Doutoramento).
- BALASTREIRE, L.A. & T.C.RIPOLI; 1975. Estudos básicos para quantificação de colhedoras e veículos de transporte. In: ANAIS III SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGRO INDÚSTRIA AÇUCAREI RA. A. de Lindóia. 345-353.
- BERTO, P.N.A. & L.G. MIALHE, 1979. Efeitos do uso do rastelo amontoados no desempenho operacional das carregadoras de cana-de-açúcar. In: Cong. NAC. STAB, 1, Maceió. ANAIS VOL. II, 430-434.
- BETANCOURT, A.F., 1967. Materias extrañas em La Cosecha de la Caña de azúcar; Estudio General. Bol. OF. Ass. TEC. AÇ. CU BA. HAWANA, 22: 3-29.
- BUZACOTT, J.H., 1967. Selection criteria for cana varieties to be harvested mechanically and their likely efect on yield. In: Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, 12. Amsterdam, Elsevier, p. 294-298.
- CENEA/MA, 1983. Relatório de Ensaio nº 946/83 SP. Sorocaba. MIN. da AGRICULTURA. 41p.

CERRIZUELA, E. 1976. Mecanizacion de la Caña de Azucar: In: Seminario Internacional sobre Mecanizacion de la Cosecha de Caña de Azucar, Maracay, 63p.

CESTA NETO, F., 1960. Sugestões sobre a mecanização da colheita de cana: Corte, carregamento e transporte. In: 1º Simpósio Nacional sobre a tratorização da cultura canavieira. Piracicaba 16-21.

COCHRAN, B. e J.E. CLAYTON, 1969. Basic Studies on mechanical detrashing bulk sugar cane. In: Congr. Int. Soc. Sugar Cane Tech., 13, Taiwan. Amsterdam, Elsevier, 1968, p. 1551-1561.

CRUZ, E.Z., 1976. Estudio sobre la Cosecha de la Caña de Azucar. In: Seminario Internacional sobre Mecanizacion de la Cosecha de Caña de Azucar, Maracay, 14p.

DUDLEY, S.; R.P. HUMBERT e T.B. FRAZER, 1970. La Limpieza de la Caña en Puerto Rico. Sugar y Azucar. New York, 65:57-59.

FERNANDES, A.C. e T.C. RIPOLI, 1975. Estudos Preliminares de Dessecante em Canas-de-Açúcar (Paraquat). In: III Seminário Copersucar das Agro Indústrias Açucareiras, Águas de Lindóia, p.315-328.

_____ e E.R. OLIVEIRA, 1977. Sugar cane trash measurements in Brazil. In: Proc. XVI ISSCT cong. S. Paulo V. II p. 1963-1973.

FERRARI, S.E.; V.L. FURLANI NETO; J.J. CORREA LOPES e R. STOLF, 1980. Industrial Quality of Sugar Cane Mechanically and Manually Harvested. In: XVII Congress of International Society of Sugar Cane Technologists, Manila, p.800-809.

FORS, A.L., 1972. Some observation on the mechanized harvest of sugar cane in México. Sugar y Azucar. New York, 67(8):19-21.

FURLANI NETO, V.L. 1984. Incidência de Matéria estranha e perdas no campo nos processos de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) manual e com colhedoras-amontoadoras. Piracicaba, ESALQ-USP, 121p. (tese de mestrado).

_____ ; J. FERNANDES, R. STOLF e J.T. COLETTI, 1981. Perdas no Campo pelo Sistema de Corte Manual e Mecânico com Canas Inteiras Amontoadas. In: II Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, 11p.

_____ ; J. FERNANDES e R. STOLF, 1981. Avaliação das impurezas nas cargas e perdas no campo pela colhedora mecanizada de cana inteira. Araras. IAA-PLANALSUCAR-COSUL. 14p.

HUMBERT, R.P., 1974. El Cultivo de la Caña de Azucar. México, Editorial Continental, 719p.

_____ 1974. Improving Burns with Dessicants as an Aid to Mechanical Harvesting. In: XV Congress ISSCT, Durban, v. 2, p. 1065-1073.

_____ e J. H. PAYNE, 1963. Losses from wet weathers Harvesting. Hawaiian Planter's Record. Honolulu, 55:345-348.

IAA/PLANALSUCAR, 1977. Relatório Anual, 1977: Estações Experimentais. Piracicaba, 100p.

_____ , 1983. Relatório Anual, 1983: Estações Experimentais. Piracicaba, 164p.

- LAGE, M., 1973. Algunas Ideas sobre la Mecanizacion y Limpeza en la Recoleccion de la Caña de Azucar. 1.pte: Conceptos Basicos y Desarrollo teorico. Cuba Azucar. Havan p.p.14-22, abr/jun.
- LOPEZ HERNANDEZ, J., 1962. Factores que deben tenerse en cuenta en la elaboración de la caña de azucar cosechada mecanicamente. Tucumán, Est. Exp. Agric. 18p. (Boletim nº 74).
- MAYORAL, J.E. e M.C.VARGAS, 1966. The Effects of Mechanically Loaded Cane on Sugar Factory. In: XII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, San Juan, p.1627-1635.
- MIALHE, L.G. e T.C. RIPOLI, 1976. EVALUACION DE COSECHADORAS AUTOMOTRICES DE CAÑA DE AZUCAR. In: Cosecha Mecanizada de la caña de azucar. D.V.A, SRL. CARACAS. 189-204.
- MONTEIRO, H; C.A. PEXE; J.L. BASSINELLO; T.C. RIPOLI, 1982. Matéria estranha: Custos e técnicas de sua diminuição na colheita. Álcool & Açúcar. 2 (6) 20-26.
- MORIM, D.J., 1976. La Cosecha de la Caña de Azucar in Tucumán. In: Seminário Internacional sobre Mecanizacion de la Cosecha de Canã de Azucar, Maracay, 24p.
- PAYNE, J.H., 1968. Sugar Cane factory analytical control. Amsterdam, Elsevier, 190p.
- RIPOLI, T.C.; J.C. RIGHI; C.A.PEXE, 1975. Estudio Comparativo entre Três Métodos de Corte de Cana-de-Açúcar. In: III Seminário Copersucar da Agroindústria Açucareira, Águas de Lindóia, p.335-344.

RIPOLI, T.C.; L.G. MIALHE e H.P. NOVAES, 1977. Um critério para avaliação de estado de canaviais visando a colheita. In: SBEA-VII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Pelotas. Separata 10p.

_____ & A.L. SEGALLA, 1981. O push-rake chega ao Brasil. Brasil Açucareiro. 1 (JAN.) 34-40.

_____ & L.G. MIALHE, 1982. Custos de colheita da cana-de-açúcar no Estado de S. Paulo. Safra 81-82. Álcool e Açúcar. 2 (2) 18-26.

_____, 1982. Considerações sobre novos tipos de carregadoras mecânicas de cana-de-açúcar. Álcool e Açúcar. 4 (2). 42-48.

_____ ; B.F. FAGANELLO; M. MILAN; H. MONTEIRO; V.L. FURLANI e L.G. MIALHE, 1984. Carregamento Mecânico: Ensaio com tipos de eitos e recolhedor de cana. In: III Congresso Nacional da STAB S. Paulo separata.

SAMUELS, G., 1969. Foreign Matter in Sugar Cane; Some Basic Facts. Ann. Congr. Ass. Sugar Tech. Puerto Rico. Puerto Rico, : 57-62.

SOUTH AFRICA SUGAR ASSOCIATION, 1981. ANNUAL REPORT-80-81 Harvester and loader performance at la Mercy. 09.

TENORIO, C.J.M. et alii, 1983. Influência da matéria estranha na qualidade da cana-de-açúcar. R-O LARGO. IAA-PLANALSUCAR-COONE. 12p.

WADELL, C.W. e R.A. PRICE, 1965. Mechanical harvesting in Australia and its effect on the sugar content of cane. In: Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, 12. Amsterdam Elsevier, 1967. p.304-312.

VALSECHI, O. e E.R. OLIVEIRA, 1964. A Cana-de-Açúcar como Matéria Prima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA. Cultura e Adubação da Cana-de-Açúcar. São Paulo, p. 319-366.

APÊNDICE I

A Tabela XIX apresenta os parâmetros com valores transformados para aplicação nas análises estatísticas, além das capacidades efetivas não transformadas.

TABELA XIX- Parâmetros transformados para aplicação da análise estatística.

TRAT	REP	$\sqrt{IV\%+0.5}$	$\sqrt{IM\%+0.5}$	$\sqrt{IT\%+0.5}$	ARCSENO $\sqrt{EM\%}$	C.E. (Kg/s)	TRAT	REP	$\sqrt{IV\%+0.5}$	$\sqrt{IM\%+0.5}$	$\sqrt{IT\%+0.5}$	ARCSENO $\sqrt{EM\%}$	C.E. (Kg/s)
T-EA-7	1	,81923	,77267	,87645	84,35626	22,48	E-EA-7	1	,79440	,76844	,84945	77,08688	10,65
	2	1,04882	,84818	1,14867	84,56446	23,77		2	,85338	,84571	,97133	79,41748	9,12
	3	,77692	,92963	,98378	84,35885	23,70		3	,87524	,83788	,98392	76,96973	9,95
	4	,79193	,79193	,86351	84,10876	24,09		4	,91514	,88495	1,05859	79,32761	9,85
	5	,77859	,76585	,83230	84,56517	25,39		5	,81993	,81426	,91395	80,84805	12,38
T-EA-5	1	1,06812	,73670	1,08794	84,33798	13,53	E-EA-5	1	,88788	,83748	,99484	80,88514	14,01
	2	,96634	,93528	1,14392	85,20225	16,67		2	,89819	,96077	1,10898	80,97506	8,36
	3	1,08756	,87838	1,20595	85,29345	15,42		3	,89409	,84311	1,00510	79,21466	9,89
	4	,93716	,75070	,97048	84,50810	17,73		4	,90357	1,04620	1,18785	77,62114	8,44
	5	1,00101	1,06881	1,28233	85,29983	21,34		5	,77530	,78994	,85153	77,24295	10,49
T-EE-7	1	,79191	,99640	1,05827	86,10754	22,49	E-EE-7	1	,94095	,97854	1,15885	73,73753	6,66
	2	,91157	,93996	1,10204	85,74279	24,81		2	,85411	,88243	1,00409	75,09154	9,31
	3	,83404	,94560	1,04393	86,11029	28,95		3	,91504	,87547	1,05059	81,89304	14,92
	4	,95444	,78230	1,01141	86,45727	34,61		4	,95891	,88051	1,09307	71,65597	6,23
	5	,85097	,89234	1,01016	86,57382	25,42		5	,87489	,83162	,97828	75,68969	12,65
T-EE-5	1	,78383	,77531	,84587	86,16283	29,03	E-EE-5	1	,98206	,98745	1,19979	75,38953	7,25
	2	,79549	,82589	,90271	85,43152	28,34		2	,84247	,92346	1,03080	75,05276	7,42
	3	,79618	,87625	,94959	86,39179	19,91		3	,84726	,96103	1,06837	77,48225	6,62
	4	,78032	,81249	,87694	85,18799	30,27		4	,86305	,94550	1,06716	71,49754	6,44
	5	,83401	1,12890	1,21243	85,31800	31,34		5	,89907	,90318	1,06022	68,90983	5,28

Obs: TRAT = Tratamentos; REP = Repetições; IV% = Índices de material vegetal; IM% = Índices de material mineral; IT% = Índices total de matéria estranha e C.E. = capacidades efetivas.

APÊNDICE II

Este apêndice apresenta os resultados das análises de regressões dos parâmetros envolvidos nos modelos matemáticos referentes as séries de ensaios I (relevo de tabuleiro) e II (relevo de encosta).

1. - Série de ensaios I (relevo de tabuleiro).

- TC x CL (Tempo de carregamento do ciclo x quantidade de colmos por metro linear de eito).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	476,85	476,85	22,77**
Desvio de Regressão	18	376,90	20,94	
Total	19	853,75		

Equação da regressão: $TC = 47,02 - 0,35 CL$

onde: $46,02 \leq CL \leq 99,41$

$r^2 = 0,558537$

CL x \overline{AB} (quantidade de colmos por metro linear de eito x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	3327,59	3327,59	97,64**
Desvio de Regressão	18	613,44	34,08	
Total	19	3941,03		

Equação da regressão: $CL = 132,84 - 4,37 \overline{AB}$

onde: $10,07 \leq \overline{AB} \leq 21,52$

$r^2 = 0,84435$

EM x \overline{AB} (Eficácia de manipulação x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	0,008	0,008	0,15n.s.
Desvio de Regressão	18	0,97	0,054	
Total	19	0,978		

Equação da regressão: $EM = 99,42 - 0,007 \overline{AB}$

onde: $10,07 \leq \overline{AB} \leq 21,52$

$r^2 = 0,00817$

- $\overline{PT} \times \overline{AB}$ (percurso total do ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	173,83	173,83	$3,68 \cdot 10^6$ **
Desvio de Regressão	18	0,0008	$4,72 \cdot 10^{-5}$	
Total	19	173,83		

Equação da regressão: $\overline{PT} = 7,07 + \overline{AB}$

onde: $10,07 \leq \overline{AB} \leq 21,52$

$r^2 = 0,999995$

- * $TC \times \overline{AB}$ (tempo de carregamento do ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	289,18	289,18	9,22**
Desvio de Regressão	18	546,56	31,36	
Total	19	853,74		

Equação da regressão: $TC = 4,54 + 1,30 \overline{AB}$

onde: $10,07 \leq \overline{AB} \leq 21,52$

$r^2 = 0,338732$

- TT x \bar{AB} (tempo total de ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	52,98	52,98	0,76 n.s.
Desvio de Regressão	18	1254,78	69,71	
Total	19	1307,76		

Equação da regressão: $TT = 32,89 + 0,55 \bar{AB}$

onde: $10,07 \leq \bar{AB} \leq 21,52$

$r^2 = 0,0404663$

- EM x CL (Eficácia de manipulação x quantidade de colmos por metro linear de eito).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	0,69	0,69	1,36 n.s.
Desvio de Regressão	18	9,14	0,51	
Total	19	9,83		

Equação da regressão: $EM = 99,05 + 0,004 CL$

onde: $46,02 \leq CL \leq 99,41$

$r^2 = 0,070248$

TT x EM (Tempo total do ciclo x Eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	149,56	149,56	2,32n.s.
Desvio de Regressão	18	1158,19	64,34	
Total	19	1307,75		

Equação da regressão: $TT = 1266,74 - 12,33 EM$

onde: $98,95 \leq EM \leq 99,64$

$r^2 = 0,114365$

TC x PT (Tempo de carregamento do ciclo x Percorso total do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	289,18	289,18	9,22**
Desvio de Regressão	18	564,56	31,36	
Total	19	853,74		

Equação da regressão: $TC = -4,58 + 1,29 \overline{PT}$

onde: $17,14 \leq \overline{PT} \leq 28,59$

$r^2 = 0,338732$

- $\overline{PT} \times CL$ (Percurso total do ciclo x quantidade de colmos por metro linear de eito).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	146,84	146,84	97,64**
Desvio de Regressão	18	27,00	1,50	
Total	19	173,84		

Equação da regressão: $\overline{PT} = 35,21 - 0,19 CL$

onde: $46,02 \leq CL \leq 99,41$

$r^2 = 0,844351$

- $TT \times CL$ (Tempo total do ciclo x quantidade de colmos por metro linear de eito).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	233,35	233,35	3,91n.s.
Desvio de Regressão	18	1074,42	59,69	
Total	19	1307,77		

Equação da regressão: $TT = 56,98 - 0,24 CL$

onde: $46,02 \leq CL \leq 99,41$

$r^2 = 0,178436$

- $\overline{PT} \times EM$ (Percurso total do ciclo x Eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	1,44	1,44	0,15n.s.
Desvio de Regressão	18	172,44	9,58	
Total	19	173,88		

Equação da regressão: $\overline{PT} = 142,54 - 1,20 EM$

onde: $98,95 \leq EM \leq 99,64$

$r^2 = 0,0081719$

- $TC \times EM$ (Tempo de carregamento do ciclo x Eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	103,47	103,47	2,48n.s.
Desvio de Regressão	18	750,29	41,68	
Total	19	853,76		

Equação da regressão: $TC = 1044,13 - 10,26 EM$

onde: $98,95 \leq EM \leq 99,64$

$r^2 = 0,121191$

TT x \overline{PT} (Tempo total de ciclo x Percurso total do ciclo).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	52,98	52,98	0,76n.s.
Desvio de Regressão	18	1254,80	69,71	
Total	19	1307,78		

Equação da regressão: $TT = 28,99 + 0,55 \overline{PT}$

onde: $17,14 \leq \overline{PT} \leq 28,59$

$r^2 = 0,0404663$

TT x TC (Tempo total de ciclo x Tempo de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	1066,58	1066,58	79,60**
Desvio de Regressão	18	241,17	13,40	
Total	19	1307,75		

Equação da regressão: $TT = 13,53 + 1,11 TC$

onde: $12 \leq TC \leq 39$

$r^2 = 0,815581$

2. - Série de ensaios II (relevo de encosta).

- TT x TC (Tempo total do ciclo x tempo de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	8925,30	8925,30	942,25
Desvio de Regressão	18	170,50	9,47	
Total	19	9095,80		

Equação da regressão: $TT = 9,14 + 3,24 TC$

onde: $14,00 \leq TC \leq 36,00$

$r^2 = 0,981255$

- CL x \overline{AB} (quantidade de colmos por metro linear de eito x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	3141,81	3141,81	144,72**
Desvio de Regressão	18	390,75	21,71	
Total	19	3532,56		

Equação da regressão: $CL = 93,04 - 2,54 \overline{AB}$

onde: $9,58 \leq \overline{AB} \leq 25,60$

$r^2 = 0,889384$

- EM x AB (Eficácia de manipulação x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	10,87	10,87	1,32
Desvio de Regressão	18	148,44	8,25	
Total	19	159,31		

Equação da regressão: $EM = 97,29 - 0,15 \overline{AB}$

onde: $9,58 \leq \overline{AB} \leq 25,60$

$r^2 = 0,682414$

- $\overline{PT} \times \overline{AB}$ (Percurso total do ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	4411,29	4411,29	59924,40
Desvio de Regressão	18	1,32	0,07	
Total	19	4424,54		

Equação da regressão: $PT = 11,35 + 3,01 \overline{AB}$

onde: $9,58 \leq \overline{AB} \leq 25,60$

$r^2 = 0,9997$

- $TC \times \overline{AB}$ (tempo de carregamento do ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	369,17	369,17	13,80
Desvio de Regressão	18	481,38	26,74	
Total	19	850,55		

Equação da regressão: $TC = 7,21 + 0,87 \overline{AB}$

onde: $9,58 \leq \overline{AB} \leq 25,60$

$r^2 = 0,434035$

- TT x \overline{AB} (Tempo total do ciclo x percurso de carregamento do ciclo).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	2816,63	2816,63	8,07
Desvio de Regressão	18	6279,16	348,84	
Total	19	9095,79		

Equação da regressão: $TT = 40,35 + 2,41 \overline{AB}$

onde: $9,58 \leq \overline{AB} \leq 25,60$

$r^2 = 0,309663$

- EM x CL (Eficácia de manipulação x quantidade de colmos por metro linear de eito).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	14,02	14,02	1,73
Desvio de Regressão	18	145,30	8,07	
Total	19	159,32		

Equação da regressão: $EM = 91,63 + 0,06 CL$

onde: $28,95 \leq CL \leq 81,66$

$r^2 = 0,0880215$

- \overline{PT} x CL (Percurso total do ciclo x quantidade de colmos por metro linear por eito).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	3922,22	3922,22	143,96
Desvio de Regressão	18	490,42	27,24	
Total	19	4412,64		

Equação da regressão: $\overline{PT} = 115,68 - 1,05 CL$

onde: $28,95 \leq CL \leq 81,66$

$r^2 = 0,888861$

- TC x CL (tempo de carregamento do ciclo x quantidade de colmos por metro linear por eito).

CAUSA DE VARIACÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	333,27	333,27	11,59
Desvio de Regressão	18	517,28	28,74	
Total	19	850,55		

Equação da regressão: $TC = 37,50 - 0,31 CL$

onde: $28,95 \leq CL \leq 81,66$

$r^2 = 0,391827$

- TC x \overline{PT} (Tempo de carregamento do ciclo x percurso total do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	372,73	372,73	14,04
Desvio de Regressão	18	477,82	26,54	
Total	19	850,55		

Equação da regressão: $TC = 3,84 + 0,29 \overline{PT}$

onde: $40,25 \leq \overline{PT} \leq 88,31$

$r^2 = 0,438223$

- TT x \overline{PT} (Tempo total do ciclo x percurso total do ciclo).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	2852,28	2852,28	8,22
Desvio de Regressão	18	6243,50	346,86	
Total	19	9095,78		

Equação da regressão: $TT = 30,94 + 0,80 \overline{PT}$

onde: $40,25 \leq \overline{PT} \leq 88,31$

$r^2 = 0,313583$

TT x CL (Tempo total do ciclo x quantidade de colmos por metro linear por eito).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	2505,25	2505,25	6,84
Desvio de Regressão	18	6590,54	366,14	
Total	19	9095,79		

Equação da regressão: $TT = 123,72 - 0,84 CL$

onde: $28,95 \leq CL \leq 81,66$

$r^2 = 0,275429$

PT x EM (Percurso total do ciclo x eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	373,67	373,67	1,29
Desvio de Regressão	18	5196,64	228,70	
Total	19	5570,31		

Equação da regressão: $PT = 196,94 - 1,36 EM$

onde: $87,05 \leq EM \leq 98,01$

$r^2 = 0,0670836$

- TC x EM (Tempo de carregamento do ciclo x eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	459,21	459,21	21,12
Desvio de Regressão	18	391,34	21,74	
Total	19	850,55		

Equação da regressão: $TC = 184,04 - 1,70 EM$

onde: $87,05 \leq EM \leq 98,01$

$r^2 = 0,539904$

* TT x EM (Tempo total do ciclo x eficácia de manipulação).

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	5146,19	5146,19	23,45
Desvio de Regressão	18	3949,63	219,42	
Total	19	9095,82		

Equação da regressão: $TT = 622,69 - 5,68 EM$

onde: $87,05 \leq EM \leq 98,01$

$r^2 = 0,565775$