



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 41

Campinas, janeiro de 1982

Artigo n.º 2

MEDIÇÃO, COM PÊNDULO DUPLO, DA RESISTÊNCIA AO CORTE DO COLMO DE CANA-DE-AÇÚCAR (1)

SHEU-SHANG CHANG, *Universidade Estadual de Campinas*, JOSÉ VALDEMAR GONZALEZ MAZIERO, *Seção de Máquinas de Implantação de Culturas e Aplicadora de Defensivos*, e JOSÉ AUGUSTO BERNARDI, *Seção de Projetos e Materiais, Instituto Agrônomo*

RESUMO

O consumo de potência para corte do colmo de cana-de-açúcar é elevado; a medição da resistência ao corte, portanto, é necessária para o melhoramento de sua eficiência. O pêndulo é o dispositivo mais simples para a medida de resistência dinâmica, mas, para um projeto simples e compacto, com a elevada capacidade de armazenamento de energia e exigência de grande velocidade de impacto, é usado um par de pêndulos com uma mola torcional. A investigação preliminar revelou que a resistência ao corte é grandemente afetada pela geometria do cortador e, particularmente, pelo afiamento da borda de corte. A diferença de resistência ao corte entre um cortador manual afiado e um cortador de base comercial menos afiado da colhedeira mecânica, é de três a seis vezes; assim, a perda de potência envolvida não pode ser desprezada.

1. INTRODUÇÃO

O corte do colmo de cana-de-açúcar é uma operação que consome elevada quantidade de potência, especialmente nas colhedeiras de cana picada em toletes (6). Para se introduzir qualquer melhoramento no projeto do sistema de corte, visando reduzir suas exigências de potência, é necessário medir a resistência ao corte oferecida pelo colmo. Sendo o corte

uma ação dinâmica, cuja resistência em contrário é afetada pela resistência e dureza do colmo de cana (3), e também pela geometria do cortador e velocidade de corte (2, 5), a resistência ao corte pode ser considerada como uma propriedade composta.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um dispositivo simples para medir a resistência oferecida à ação de cortadores comerciais por colmos de diferentes variedades de cana.

(1) Trabalho apresentado no IX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 23 a 27 de julho de 1979, Campina Grande (PB). Recebido para publicação a 25 de abril de 1980.

CHANG (2) tentou desenvolver um dispositivo para medir a resistência ao corte por impacto; entretanto, em razão da necessidade de uma instrumentação sofisticada, seu emprego de modo generalizado é difícil.

Para superar tal inconveniente, procurou-se uma solução mais simples, de aplicação universal, através da utilização de um par de pêndulos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O pêndulo é o mais comum dos dispositivos para medição da resistência dinâmica de materiais biológicos (1). No caso específico do colmo de cana-de-açúcar, porém, a velocidade de corte exigida é bastante elevada, cerca de 10m/seg., e não pode ser obtida facilmente com dispositivos pendulares simples e de pequeno porte.

A velocidade em tais dispositivos, cujo movimento se baseia em queda livre, é limitada pelo comprimento do braço, que, no caso da cana, necessariamente haveria de ser muito grande, comprometendo o seu dimensionamento geral. Por isso, propôs-se a construção de um dispositivo com um par de pêndulos, um deles impulsionado com auxílio de uma mola de torção, que fornece energia ao sistema, permitindo também selecionar a velocidade a ser empregada. As peças de corte a serem ensaiadas são montadas nesse primeiro pêndulo. A energia excedente, remanescente do corte, é determinada pela segunda unidade pendular, chamada pêndulo de reação, através de seu deslocamento após o impacto (Figura 1).

A ação do primeiro pêndulo é basicamente interrompida por um an-

teparo de borracha, tão logo seja feito o contato com o segundo pêndulo, na posição de zero grau. A principal vantagem do pêndulo com mola de torção é que o armazenamento de energia e a velocidade de ação podem ser aumentados muitas vezes sem o aumento de suas dimensões físicas.

Os deslocamentos dos pêndulos são medidos através de dois transferidores com cursores por eles acionados. O início das escalas (0º) corresponde à posição vertical dos pêndulos.

Construção

O pêndulo de acionamento tem o braço de barra chata de aço, medindo 362 x 25,4 x 6,2mm, e um martelo de barra quadrada, de 150 x 32 x 32mm, cujo peso total é 1.670kgf. O pêndulo de reação tem braço de barra chata de aço, medindo 500 x 25 x 6,2mm e um martelo cilíndrico de 64,5mm de diâmetro x 43mm de comprimento.

A mola de torção é feita de arame redondo de aço, de 4mm, com diâmetro interno de 28mm. Sua constante é 26,9kgf.cm/rad. Um anteparo de borracha foi colocado no centro do aparelho e um batente sob o martelo do pêndulo de acionamento. Os dois martelos entram em contato em suas posições verticais (0º).

Calibração

As calibrações foram feitas na faixa de 10 a 80º de elevação do pêndulo de acionamento, para quatro condições diferentes de carregamento da mola. Os ângulos do pêndulo de acionamento versus os correspondentes do pêndulo de reação para quatro condições da mola são apresentados na figura 2.

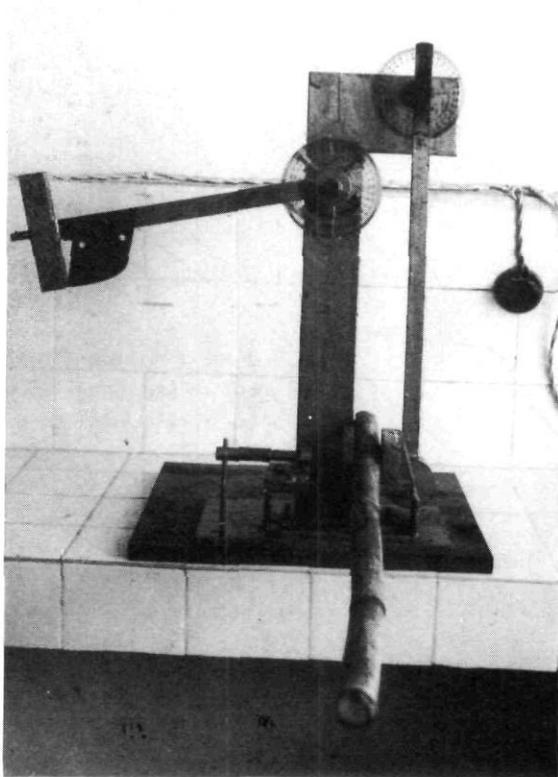


Figura 1. — Dispositivo para medir a resistência ao corte. À esquerda, o pêndulo de acionamento, com a mola de torção no eixo de rotação e um batente no centro da parte inferior do martelo. À direita, o pêndulo de reação.

Os resultados mostram que as correlações entre os ângulos dos pêndulos de acionamento e de reação são lineares. A relação entre a energia recebida pelo pêndulo de reação versus o correspondente ângulo de reação é mostrada na figura 3. Neste caso a relação não foi linear, devido à função trigonométrica envolvida. A energia recebida pelo pêndulo de rea-

ção é baseada na energia liberada pelo pêndulo de acionamento; na calibração, portanto, é incluída a perda por impacto.

Três diferentes cortadores comerciais, novos, foram ensaiados com três diferentes variedades de cana. As condições mecânicas e geométricas dos cortadores empregados são mostradas no quadro 1 e figuras 4 e 5.

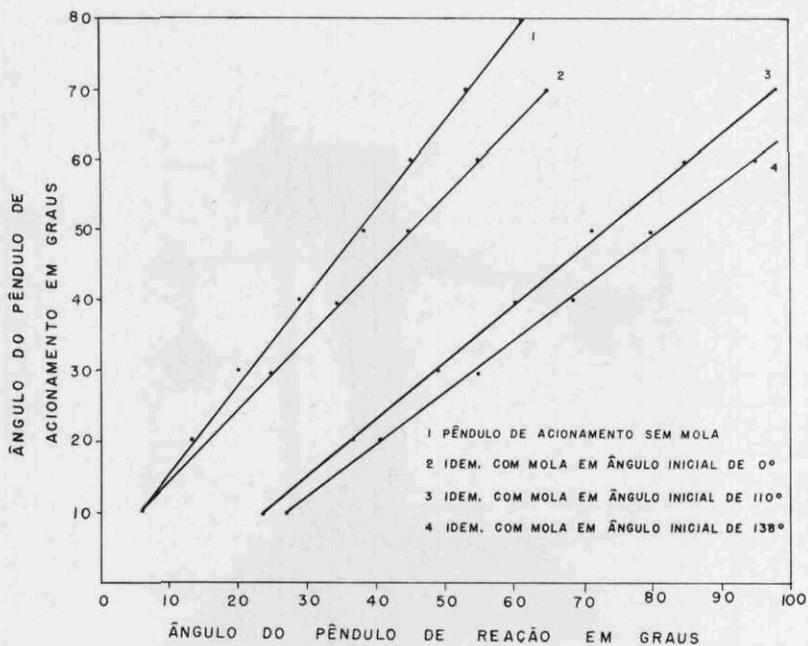


Figura 2. — Ângulo do pêndulo de acionamento versus ângulo do pêndulo de reação após impacto, para quatro diferentes condições.

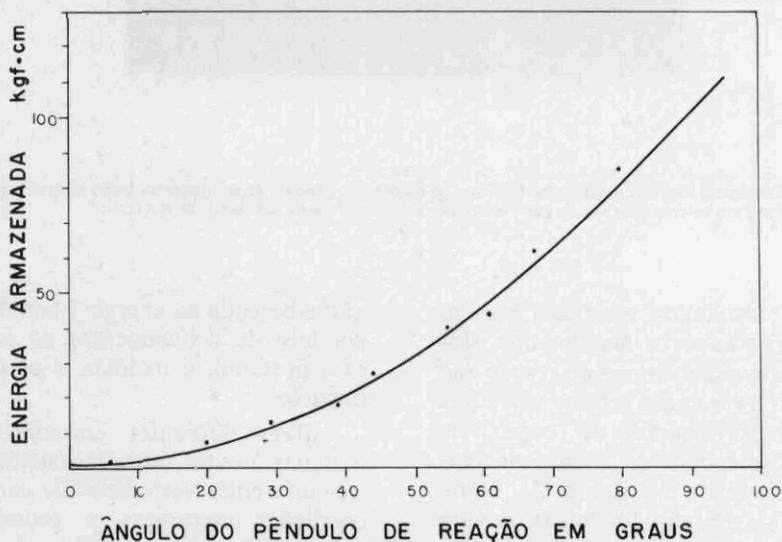


Figura 3. — Energia armazenada pelo pêndulo de reação versus ângulo de reação

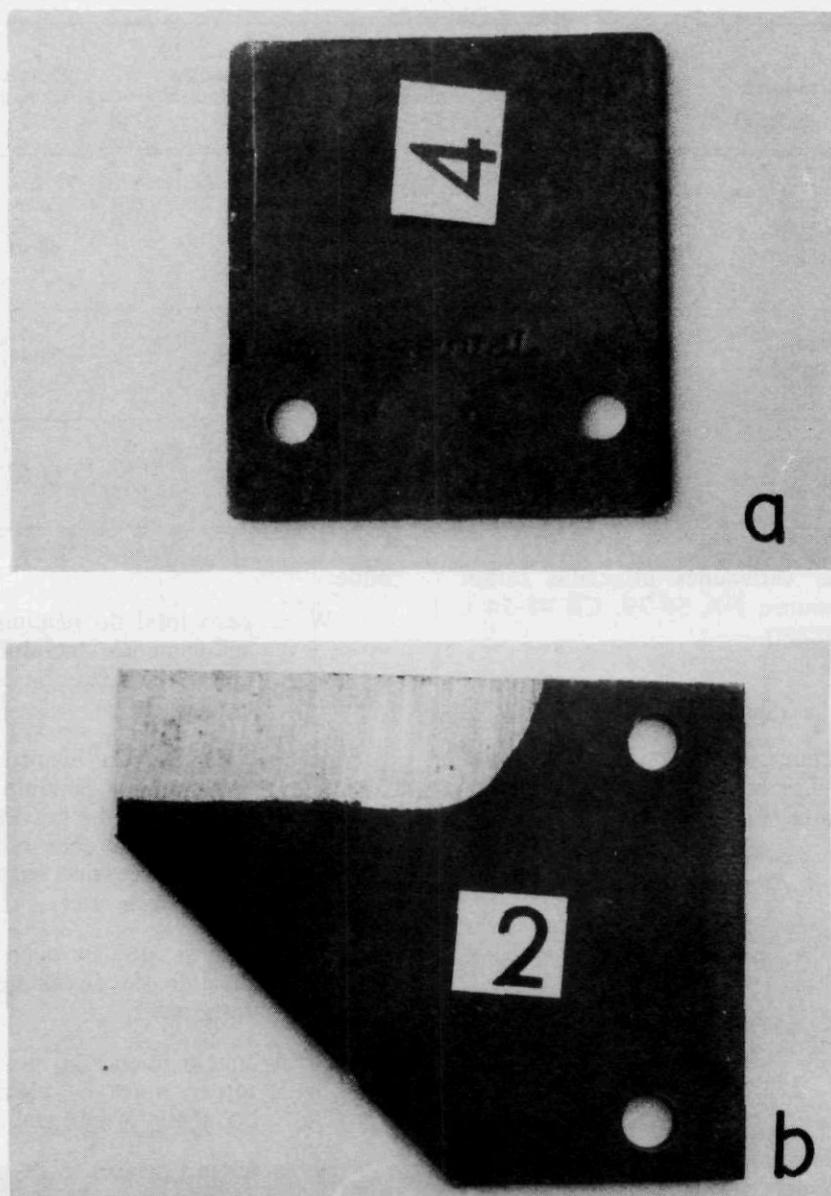


Figura 4. — Amostras de cortadores usados nos ensaios:
a) Cortador de base, novo (usado pela Santal);
b) Cortador de base, novo (usado pela Toft).

QUADRO 1 — Condições mecânicas e geométricas dos cortadores utilizados

Cortadores	Angulo do corte da faca	Fios da lâmina	Espessura da lâmina	Dureza Rockwell C
	(º)	(mm)	(mm)	
Bellotto (novo)	16,6	0,12	1,2	48-54
Santal (novo)	32,0	1,00	3,8	38-46
Toft (novo)	12,4	0,53	4,6	42-51

As variedades utilizadas foram as seguintes: NA 56-79, CB 41-14 e IAC 58480.

Teoria e equações

A energia de corte absorvida pelo colmo da cana (E_c , em kgf.cm) é determinada como se segue:

$$E_c = E_a - E_r$$

onde:

E_a = energia fornecida pelo pêndulo de acionamento, em kgf.cm;

E_r = energia excedente após o corte e recebida pelo pêndulo de reação, em kgf.cm.

A energia total E_a , fornecida pelo pêndulo de acionamento, é determinada pela fórmula:

$$E_a = W \cdot \bar{r} (1 - \cos\theta_a) + \int_{\theta_i}^{\theta_1 + \theta_a} K\theta d\theta$$

onde:

W = peso total do pêndulo de acionamento, incluindo o peso da unidade de corte, em kgf;

r = distância do centro de rotação do pêndulo ao seu centro de gravidade, determinada com o cortador montado em seu braço, em cm;

θ_a = ângulo de elevação do pêndulo de acionamento, em graus;

θ_i = ângulo inicial da mola de torção antes da elevação do pêndulo, em graus;

θ = ângulo de torção de mola após a elevação do pêndulo, em graus;

K = constante da mola de torção, em kgf.cm/rad.

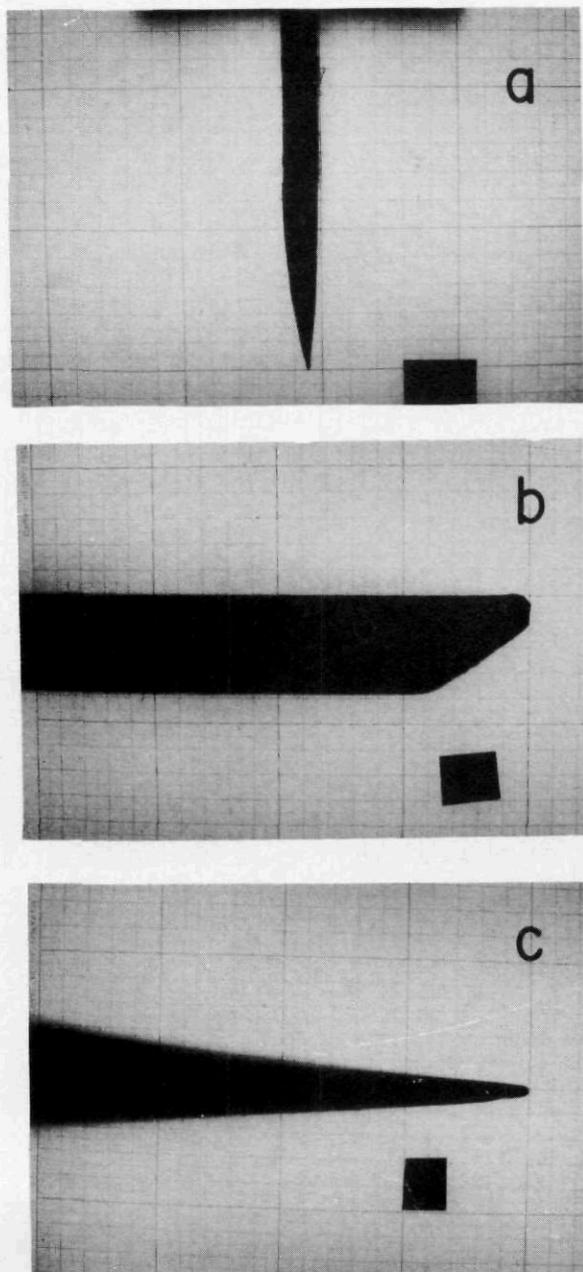


Figura 5. — Vista transversal dos cortadores ensaiados, região do corte:
a) Cortador manual; b) Cortador de base Santal;
c) Cortador de base Toft. Aumento: 9,35 vezes.

A velocidade de corte (V, em m/seg), é então determinada da seguinte forma:

$$V = \sqrt{\frac{2E_n}{M}}$$

onde:

M = massa total do pêndulo de acionamento, em kg.

A força média de corte (F, em kgf), é determinada pela fórmula:

$$F = \frac{E_c}{D}$$

onde:

D = diâmetro do colmo ou a distância de corte através do colmo, em cm.

A unidade de resistência ao corte (R, em kgf/cm²), é determinada por:

$$R = \frac{F}{A}$$

$$R = \frac{E_c}{AD}$$

onde:

A = área transversal do colmo de cana, em cm².

Ensaio

Duas séries de ensaios foram realizadas. Na primeira, usou-se uma lâmina de cortador manual, com uma velocidade de 4,2m/seg, com o propósito de verificar a distribuição da resistência de corte ao longo do colmo de cana. Três variedades de cana foram cortadas, utilizando-se o colmo inteiro, com cortes realizados desde o primeiro internódio, atingindo sempre sua parte média, isto é, equidistante de dois nós subseqüentes. Os resultados são apresentados na figura 6. O segundo grupo de ensaio foi conduzido com três diferentes cortadores comerciais: cortador manual, Santal e Toft. Apenas duas variedades, CB 41-14 e NA 56-79, foram ensaiadas, com velocidades de corte de 4,1 e 4,3m/seg. O propósito dessa série de ensaios foi uma tentativa para fazer uma investigação preliminar sobre o efeito de diferentes geometrias de cortadores. Quatro amostras do primeiro internódio foram empregadas em cada ensaio, com o corte atingindo sempre sua parte média. Os resultados são apresentados no quadro 2.

QUADRO 2 — Resistência ao corte do primeiro internódio com diferentes cortadores (resultado preliminar)

Variedade	Número da amostra	Resistência ao corte, em kgf/cm ²		
		Faca manual	Cortador de base Santal	Cortador de base Toft
CB 41-14	1		35,9	13,0
	2		17,6	20,5
	3	5,0	—	20,7
	4		33,1	17,1
	\bar{X}		28,8	17,7
NA 56-79	1		21,9	15,4
	2		21,1	16,1
	3	5,6	19,7	16,4
	4		20,9	15,8
	\bar{X}		20,9	15,8

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira série, para três variedades de cana-de-açúcar ensaiadas, a resistência ao corte nos internódios, quando utilizado um cortador manual, foi maior na parte média do colmo que nas porções da base e topo (figura 6).

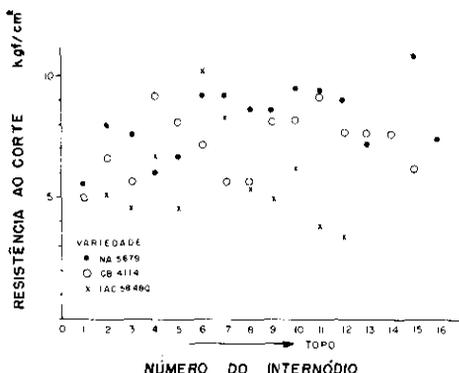


Figura 6. — Distribuição da resistência ao corte, medida na parte média de cada internódio, usando faca manual.

Resultados similares foram revelados por MARTIN & COCHRAN (4) para a medição da distribuição de dureza. Os resultados mostrados na figura 6 também indicam que a resistência ao corte varia com as diferentes variedades de cana.

No segundo grupo de ensaio, usando-se um cortador manual muito afiado, com um fio de corte de 0,12mm, a variedade NA 56-79 apresentou a mais elevada resistência ao corte; entretanto, usando-se cortado-

res de máquinas Santal e Toft, não afiados, como mostra o quadro 2, os resultados são diferenciados; a resistência ao corte na variedade CB 41-14 é mais elevada que na NA 56-79.

Possivelmente a CB 41-14 tenha um efeito de casca mais elevado, não evidenciado pela borda afiada da lâmina do cortador manual, mas dificultando bastante o corte pela borda cega das lâminas dos cortadores das máquinas.

O quadro 2 também mostra que a resistência ao corte pela borda cega dos cortadores das máquinas com afiamento de 0,53mm (Toft) a 1,00mm (Santal) é três a seis vezes maior do que para o cortador manual, com afiamento de só 0,12mm e espessura de lâmina de 1,2mm, como mostra o quadro 1.

4. CONCLUSÃO

Essa investigação preliminar, pelo emprego de um dispositivo com um par de pêndulos, revelou que a resistência ao corte de colmos de cana-de-açúcar foi grandemente afetada pela geometria do cortador, especialmente do afiamento da borda do mesmo, nas variedades utilizadas.

Evidenciou-se a possibilidade de redução do elevado consumo de potência das atuais colhedoras de cana, desde que a geometria apropriada do cortador manual possa ser introduzida nos cortadores das máquinas.

MEASURING, CUTTING RESISTANCE OF SUGARCANE STALK WITH PENDULUMS

SUMMARY

Power consumption of cutting sugar cane stalk is high, measuring cutting resistance is therefore necessary for improving cutting efficiency. Pendulum is the most simple device for measuring dynamic strength, but for a simple compact design with high

capacity of energy storage and impact velocity requirement a pair of pendulum with one torcional spring are used. The preliminary investigation revealed that the cutting resistance is greatly affected by the cutter geometries, particularly the sharpness of cutter edge. The difference of cutting resistance between sharpened hand cutter and the less sharpened commercial base cutter of mechanical harvester is three to six times, the power loss for which can not be overlooked.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BURAMISTROVA, M. F.; KOMOL'KOVA, I. K.; KLEMM, N. V.; PANINA, M. T.; POLUNOCHEV, I. M.; SOLOKOV, A. I.; TETYANKO, N. S.; CHAUSS, V. M.; EGLIT, E. D. Physicomechanical properties of agricultural crops. Nat. Sa. Foundation, Washington D.C., USA, p.13-14, 1963.
2. CHANG, C. S. Measuring cutting resistance of sugar cane stalk. Proceedings of the XVI Congress International Society of Sugar Cane Technologists, São Paulo, 1977.
3. COCHRAN, B. J. & BAKER, G. Engineering properties of sugar cane and their relationship to mechanical harvester. American Society of Agricultural Engineers. Paper n.º 70-359, 1970.
4. MARTIN, F. A. & COCHRAN, B. J. Sugar cane internode rind hardeners. Sugar y Azucar, 1975, p. 26-29.
5. MOHSENING, N. N. Physical properties of plant and animal materials. Cordon and Breach Science, USA, 1970. v.1.
6. SPARGO, R. F. & BAXTER, S. N. D. The development of the Australian chopped sugar cane harvester. American Society of Agricultural Engineers. Paper n.º 74-15-25, 1974.