

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA TRILHADORA DE ARROZ A PEDAL

J. G. da SILVA¹, D. M. SOARES², P. M. da SILVEIRA¹

RESUMO: Na colheita de pequenas lavouras de arroz, normalmente, o trilhamento é realizado manualmente, batendo-se as plantas num anteparo rígido para o desprendimento dos grãos. Essa operação induz a uma baixa capacidade de trabalho, limita a expansão das pequenas áreas de cultivos e impede a realização da colheita no momento adequado. O trilhamento mecânico do arroz não apenas melhora a eficiência da mão-de-obra, como também reduz os danos aos grãos no beneficiamento. Este trabalho teve como objetivo construir uma trilhadora de arroz acionada por pedal e avaliar o seu desempenho em duas cultivares, sendo uma de terras altas (Araguaia) e outra de várzea (Metica). A máquina apresentou maior capacidade de trabalho nas plantas da “Araguaia” e da “Metica” quando as umidades nos grãos eram inferiores a 20,2% e 22,2%, respectivamente. O maior rendimento da máquina foi obtido no trilhamento de plantas com colmos ceifados mais curtos. As perdas de grãos no trilhamento da “Araguaia” e da “Metica” foram, respectivamente, 3,6% e 0,8% da produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, colheita, máquina.

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A PEDAL RICE THRESHER

SUMMARY: In small rice fields, harvest and threshing are made by hand, cutting the plants just above the ground and releasing the grains from the panicles by impacting the plants against a wood screen. Besides, being time-consuming and low effective, harvesting and threshing by hand limit crop expansion to larger areas. Mechanical harvest of rice increases labor efficiency and reduces grain breakage during milling. The objective of this work was to develop a lever foot operated thresher machine for rice and evaluate its performance using two cutting systems (long and short straw), three harvest dates and two cultivars. The machine was most efficient when the plants were harvested with seed moisture content below 20,2%, for upland rice cultivar “Araguaia”, and below 22,2% for lowland cultivar “Metica”. Best machine performance was also obtained when plants were cut with short straw. Grain loss during threshing was higher at lower seed moisture contents and corresponded to 3.6% and 0.8%, for “Araguaia” and “Metica”, respectively.

KEYWORDS: *Oryza sativa*, harvest, machine.

¹ Pesquisador, Dr., Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375.000, Santo Antônio de Goiás, GO, (0xx62) 833-2187, e-mail: jgeraldo@cnpaf.embrapa.br.

² Pesquisador, M.Sc., Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 03/11/99

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16/7/2000

INTRODUÇÃO

Das diversas operações da lavoura orizícola, a colheita está entre as atividades de maior importância para a obtenção de um produto de alto valor comercial, de aspecto uniforme e de grande rendimento em grãos inteiros após o descasque e o polimento. A operação de colheita demanda cerca de 35% da mão-de-obra destinada à produção em pequenas lavouras e o trilhamento manual representa 8,8% (EMATER-MT, 1990).

O grau de mecanização das lavouras de arroz depende, entre outros fatores, do tamanho da área de cultivo, do poder aquisitivo dos produtores, do tipo de exploração, da topografia do terreno e da disponibilidade de equipamentos apropriados aos cultivos.

Nas grandes e médias lavouras de arroz a colheita pode ser realizada por diversos tipos de máquinas, desde aquelas de pequeno porte, tracionadas por trator, até as colhedoras automotrizes, as quais realizam, em seqüência, as operações de corte, recolhimento, trilhamento e limpeza dos grãos. Essas máquinas, devido ao seu elevado preço e a sua melhor adequação às lavouras maiores, não são acessíveis à maioria dos pequenos produtores de arroz (SILVA, 1987).

Na colheita de pequenas lavouras de arroz, em terras altas ou irrigadas, normalmente, o trilhamento é realizado manualmente batendo-se as plantas num anteparo rígido para o desprendimento dos grãos. Essa operação, conforme é executada, induz a uma baixa capacidade de trabalho, limita a expansão das pequenas áreas de cultivos e impede a realização da colheita no momento adequado. Ademais, o uso desse procedimento tem sido a principal causa da baixa capacidade de trilhamento, da inferior qualidade de grãos e do alto custo de produção.

A possibilidade de uso de novos equipamentos, fabricados com técnicas simples e com recursos de pequenas oficinas, poderá criar condições que permitirão aos pequenos agricultores aumentar a eficiência da sua mão-de-obra. O trilhamento mecânico do arroz não apenas melhora a eficiência da mão-de-obra, como também reduz os danos no beneficiamento, quando se trabalha com máquinas bem reguladas (KOGA, 1979).

Conforme ANGLADETTE (1969), o uso de pequenas trilhadoras, como as desenvolvidas no Japão, tende-se a propagar por todas as partes do mundo pelo fato de serem perfeitamente adaptáveis às pequenas lavouras de arroz, tanto no plano técnico como no plano econômico. Em geral, a trilhadora de arroz japonesa é composta de um tambor ou cilindro provido de dentes encurvados nas pontas, feito com ferros redondos (STOUT, 1966). O movimento de rotação do tambor provém de um sistema de manivelas a pedal, acionado por um ou dois homens. De acordo com GRIST (1970), o trilhamento do arroz nesse tipo de máquina é realizado aplicando-se sobre o cilindro pequenos feixes de plantas, com as panículas à frente. Os feixes devem ter, no mínimo, 40 cm de comprimento, com as panículas no mesmo lado.

SILVA (1981) construiu e avaliou um protótipo de trilhadora de arroz de alimentação intermitente, acionada por motor elétrico, cujo desempenho foi avaliado utilizando-se cultivares de arroz de portes alto e baixo. Os resultados obtidos mostraram que o aumento da velocidade do cilindro degranador não ocasionou aumentos

significativos na capacidade de trilhamento nem na perda de grãos por deficiência de degranar. A porcentagem de quebra de grãos e a demanda de potência elétrica para acionar o cilindro degranador cresceram com o aumento da velocidade periférica.

SHARMA & DEVANI (1980), estudando o efeito de diferentes velocidades do cilindro no trilhamento de soja e ervilhaca, afirmaram que a taxa de alimentação do cilindro, o rendimento em grãos trilhados, a eficiência de trilhamento, a demanda de potência e as danificações aos grãos cresciam com o aumento da velocidade do cilindro.

As condições em que se encontra a cultura, por ocasião da colheita, constitui fator determinante na escolha das características da máquina e no dimensionamento das partes das mesmas. POSSAMAI & BACK (1986) afirmam que uma maior umidade dos grãos provoca uma redução na produção e na eficiência do trilhamento. Um aumento de danos mecânicos nos grãos, requer uma maior velocidade do cilindro degranador e, conseqüentemente, um aumento da potência consumida.

Este trabalho teve como objetivo construir uma trilhadora de arroz acionada por pedal e avaliar o seu desempenho em função de duas alturas de corte, obtidas no ceifamento manual, e de três épocas de colheita de duas cultivares, sendo uma de terras altas e outra de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

A trilhadora de arroz a pedal foi construída de acordo com as recomendações de STOUT (1966), sendo provida de um cilindro degranador, de uma estrutura de suporte e de um mecanismo de transmissão de movimento do cilindro.

O cilindro degranador da trilhadora é constituído de dois discos de ferro de 480 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, de um eixo de ferro com 19,05 mm (3/4") de diâmetro e 700 mm de comprimento e de 12 barras transversais de madeira com 490 mm de comprimento, 65 mm de largura e 10 mm de espessura, presas aos discos com parafusos e porcas. Numa barra foram fixados 10 pinos degranadores e na anterior e na posterior 11 pinos, de forma que cada pino de uma barra ficasse centralizado entre dois pinos da barra seguinte. Utilizaram-se as 12 barras equidistantes e com as extremidades dos pinos descrevendo uma circunferência de 480 mm. Os pinos degranadores foram feitos de arame de aço com 3 mm de diâmetro, usados na construção de cerca, possuindo formato de "v", com 50 mm de altura e distanciados de 40 mm na mesma barra. O cilindro é apoiado, pelo eixo, em dois mancais montados sobre uma estrutura de metalon (50 x 30 mm).

A transmissão de movimentos para o cilindro é feita por meio de um pedal colocado na parte inferior traseira da máquina, de uma biela de ferro de 320 mm de comprimento e de duas polias, uma de 250 mm e outra de 70 mm de diâmetro, unidas por uma correia trapezoidal.

A máquina possui 800 mm de comprimento, 700 mm de largura, 800 mm de altura e 43 kg de massa. Os esquemas contendo as vistas laterais, superior e do cilindro degranador estão apresentados na Figura 1.

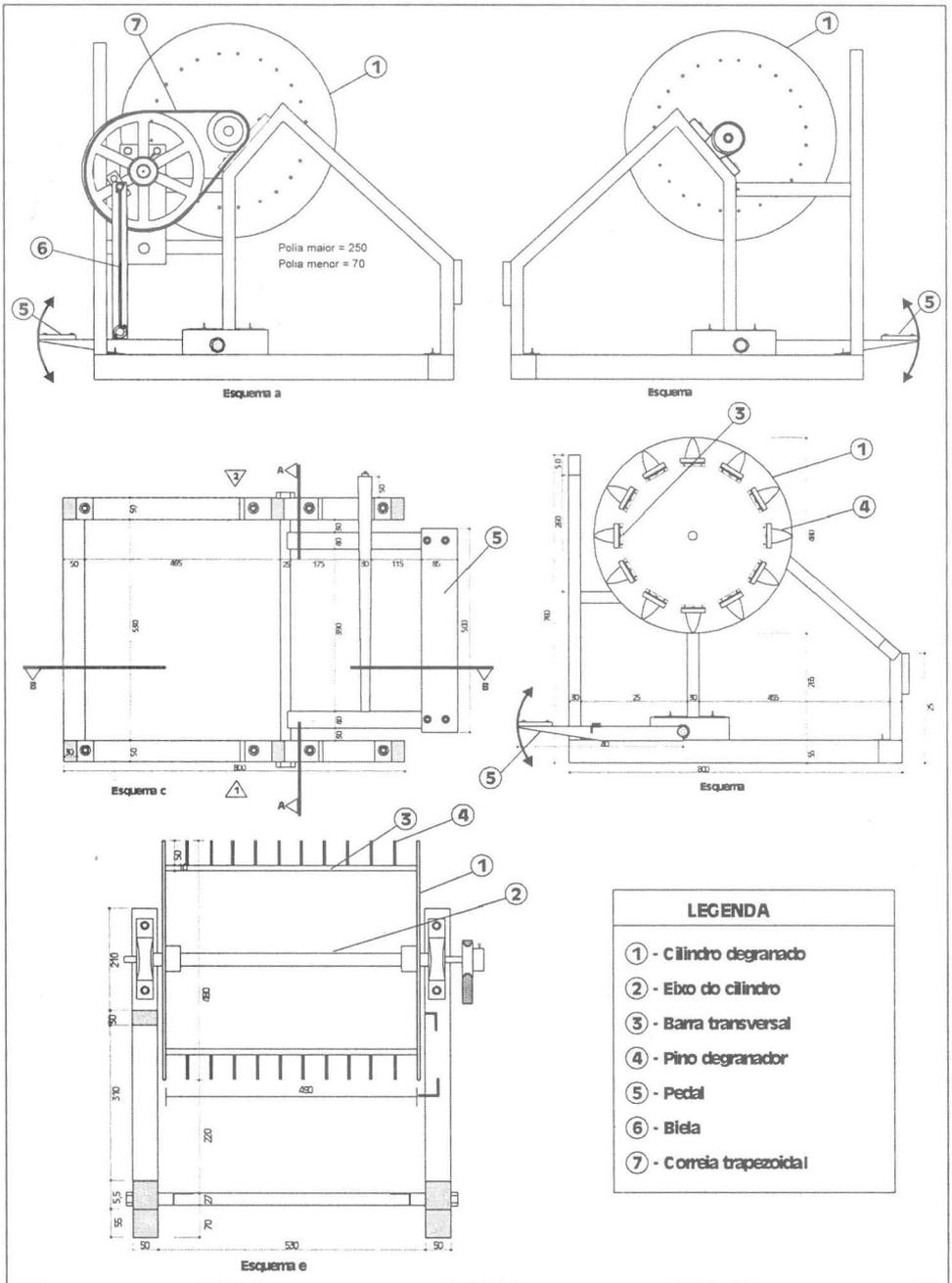


FIGURA 1. Esquemas da trilhadora de arroz a pedal, com as vistas laterais (a, b), superior (c) e do cilindro degranador (d, e). (medidas em milímetro).

Durante os ensaios, a trilhadora foi operada, alternadamente, por dois indivíduos, a fim de proporcionar uma velocidade uniforme no cilindro degranador e um trilhamento ritmado das plantas. Pequenos feixes de plantas de arroz com cerca de 10 cm de diâmetro foram firmemente seguros pela base, próximo ao corte, com as panículas num mesmo lado, e aplicados sobre o cilindro degranador em rotação, fazendo-se movimentos de giro do feixe para expor todas as panículas à ação do cilindro, até a degrana total observável (XUAN & ROSS, 1976).

A avaliação da máquina foi realizada durante a colheita das cultivares de arroz “Araguaia” e “Metica” cultivadas em terras altas e em várzeas, respectivamente. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos incluíram o trilhamento de plantas com dois comprimentos médios após o ceifamento manual com cutelo (A1 = 94,2 cm e A2 = 74,3 cm na “Araguaia” e A1 = 86,4 cm e A2 = 67,9 cm na “Metica”), em três épocas de colheita (umidade dos grãos de E1 = 27,2%, E2 = 20,2% e E3 = 14,4% na “Araguaia” e de E1 = 26,8%, E2 = 22,2% e E3 = 14,5% na “Metica”). Cada tratamento de trilhamento teve duração de dez minutos.

As lavouras de arroz “Araguaia” e “Metica” apresentaram produtividade média de 2.647 kg/ha e 7.179 kg/ha, respectivamente.

Para facilitar a coleta de grãos de arroz trilhados e evitar seu espalhamento, colocaram-se anteparos de lona abaixo e à frente da trilhadora.

Estabeleceu-se como capacidade de trilhamento a massa de grãos de arroz, isenta de impureza, trilhada em dez minutos de operação contínua da máquina. Os valores foram transformados em kg/h após serem ajustados para 13% de umidade nos grãos.

Depois do trilhamento, cada feixe de arroz foi empilhado sobre uma lona plástica. No final de cada teste, os grãos remanescentes nas panículas foram debulhados manualmente. Os grãos assim obtidos, considerados como perda, foram pesados e a quantidade foi expressa em porcentagem do total de grãos produzidos (grãos trilhados e grãos remanescentes nas panículas).

A quantidade de impureza foi avaliada depois da eliminação dos pedaços de colmos maiores, facilmente removíveis dos grãos trilhados. Foram tomadas quatro amostras de grãos para determinar o percentual de impureza presente em relação a massa de grãos trilhados. Utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Impureza (\%)} = \frac{\text{Massa da impureza} \times 100}{\text{Massa de impureza} + \text{Massa de grãos produzidos}}$$

A velocidade do cilindro degranador foi medida quatro vezes com o auxílio de um tacômetro e de um cronômetro durante a aplicação de cada tratamento.

A porcentagem média de germinação foi obtida por meio das análises de quatro amostras de grãos trilhados em cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho da trilhadora de arroz relacionados à velocidade de operação do cilindro degranador, à capacidade de trilhamento, à perda de grãos por deficiência de degrana, à impureza e à germinação dos grãos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Velocidade de operação do cilindro degranador, capacidade de trilhamento, perda de grãos por deficiência de degrana, impureza nos grãos e germinação do arroz em função do comprimento das plantas e da época de colheita da cultivar “Araguaia”.

Variável	Velocidade (rpm)	Trilhamento (kg/h)	Perda (%)	Impureza (%)	Germinação (%)
Comprimento					
A1= 94,2 cm	387a	130,94b	3,35a	8,95a	88,15a
A2= 74,3 cm	381a	155,92a	3,79a	9,76a	88,71a
DMS	13	10,6	0,45	3,47	2,47
Época de colheita¹					
E1 = 27,2%	353b	128,66b	2,61a	5,34a	85,30b
E2 = 20,2%	395a	156,82a	4,57c	8,49a	92,59a
E3 = 14,4%	404a	144,83a	3,53b	14,24b	87,40b
DMS	19	15,78	0,65	5,16	3,67

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹Umidade dos grãos.

TABELA 2. Velocidade de operação do cilindro degranador, capacidade de trilhamento, perda de grãos por deficiência de degrana, impureza nos grãos e germinação do arroz em função do comprimento das plantas e da época de colheita da cultivar “Metica”.

Variável	Velocidade (rpm)	Trilhamento (kg/h)	Perda (%)	Impureza (%)	Germinação (%)
Comprimento					
A1=86,4 cm	316a	106,42b	0,64a	14,53a	94,33a
A2=67,9 cm	313a	125,64a	0,89b	15,51a	92,46a
DMS	12	9,3	0,13	2,49	2,15
Época de colheita¹					
E1=26,8%	304b	105,44b	0,49a	11,01a	86,60b
E2=22,2%	316ab	119,45a	0,68b	14,08a	96,51a
E3=14,5%	323a	123,19a	1,10c	19,98b	97,08a
DMS	18	13,84	0,2	3,70	3,20

Para cada variável, as médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

¹Umidade dos grãos.

A trilhadora foi operada com velocidades médias no cilindro trilhador de 384 rpm e de 315 rpm, respectivamente, nas cultivares “Araguaia e Metica”. A velocidade de operação usada na “Araguaia” está de acordo com STOUT (1966) e ANGLADETTE (1969), que recomendam a faixa de 350 a 400 rpm como a mais adequada. Não ocorreram diferenças significativas entre os valores de velocidade em função dos comprimentos das plantas, porém eles variaram em função da época de colheita, tendo-se obtido maior valor na E3, quando os grãos possuíam menor teor de água e, conseqüentemente, menor resistência ao degranamento. Tanto no trilhamento da “Araguaia” quanto no da “Metica”, as velocidades do cilindro obtidas na E3 foram semelhantes às da E2.

A capacidade média de trilhamento foi 143,4 kg de grãos por hora na “Araguaia” e de 116,0 kg/h na “Metica”, bêm superior à de 30 a 70 kg/h relatada por ARAULLO et al. (1976). Esse fato, provavelmente se deve à utilização de dois indivíduos para a realização da operação. Plantas com alturas menores, após o ceifamento das duas cultivares, proporcionaram maior capacidade de trilhamento. Essas plantas, por possuírem a base do colmo mais fina que as com comprimento maiores, continham, num mesmo feixe, mais grãos, que proporcionaram um maior rendimento no trilhamento. A capacidade de trilhamento foi também maior quando obtida nas épocas E2 e E3, que possuíam menor teor de água nos grãos e menor velocidade de operação no cilindro degranador que na época E1. Esse resultado está de acordo com POSSAMAI & BACK (1986).

As perdas de grãos remanescentes nas plantas trilhadas das duas cultivares foram menores que as demais quando se utilizou a maior altura de plantas, porém com diferença significativa apenas para a “Metica”. Esse fato pode estar associado à menor quantidade de panículas nos feixes de plantas maiores, trilhados por vez, que facilitou a exposição dos grãos sobre o cilindro degranador da máquina, resultando num trilhamento mais eficiente. As perdas de grãos variaram em função da época de colheita, sendo menores quando os grãos possuíam maior teor de água. Nessa condição, os colmos das plantas eram mais resistentes, não se rompendo e não se soltando das mãos do operador, o que proporcionava menor quantidade de plantas sem os grãos após o trilhamento. A perda de grãos provocada pela trilhadora a pedal, no trilhamento das duas cultivares de arroz, foi bem inferior à 13% verificada por FONSECA & SILVA (1997) na colheita mecânica do arroz com colhedora automotriz.

As porcentagens de impurezas nos grãos trilhados foram independentes das alturas das plantas testadas, mas aumentaram nas épocas de colheita E1 e E2 para E3. Durante os ensaios, observou-se que na E3 havia muita palha fina e fragmentos de colmos secos na massa de grãos que resultaram em maior porcentagem de impurezas.

A porcentagem de germinação variou apenas em função da época de colheita e a E2 na “Araguaia” e a E2 e E3 na “Metica” proporcionaram os melhores resultados. Não se observaram, nas análises realizadas, danos mecânicos visuais nas sementes de arroz das duas cultivares, provocadas pela operação da trilhadora de arroz a pedal.

CONCLUSÕES

A trilhadora de arroz acionada por pedal apresentou maior capacidade de trilhamento nas plantas colhidas com umidade média nos grãos inferior a 20,2% na cultivar “Araguaia” e a 22,2% na “Metica”. A capacidade de trilhamento máxima atingiu cerca de 156 kg/h.

O trilhamento de plantas de colmos curtos após o ceifamento (74,3 cm na “Araguaia” e 67,9 cm na “Metica”) proporcionou melhor rendimento da máquina que plantas de colmos longos (94,2 cm na “Araguaia” e 86,4 cm na “Metica”).

Na operação da trilhadora a pedal, a perda de arroz ocorre com maior intensidade nas plantas com menor umidade dos grãos. Os valores obtidos no trilhamento da “Araguaia” e da “Metica” foram, respectivamente, 3,6% e 0,8% da produtividade.

O protótipo construído e avaliado mostrou-se tecnicamente viável para uso em pequenas lavouras de arroz, por propiciar uma melhoria da eficiência do trilhamento e do rendimento da mão-de-obra, principalmente quando comparada com os resultados do trilhamento manual disponíveis na literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLADETTE, A. Cosecha - trilla - secado - conservación. In: ANGLADETTE, A. *El arroz*. Barcelona: Blume, 1969. p.359-406.
- ARAULLO, E.V., PÁDUA, D.G., GRAHAM, M. *Rice-postharvest technology*. Ottawa: International Development Research Center, 1976. 394p.
- EMATER. *Diretrizes técnicas da cultura do arroz*. Cuiabá, 1990. 46p. (Série Diretrizes Técnicas Arroz, 5).
- FONSECA, J.R., SILVA, J.G. da. *Perdas de grãos na colheita do arroz*. 2.ed. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997. 26p. (Circular Técnica, 24).
- GRIST, D.H. *Rice*. 4.ed. London: Logman, 1970. 548p.
- KOGA, Y. Prospects and problems in the promotion of industrial manufacturing of rice post-harvest processing machines and equipments in Southeast Asia. *Agricultural Mechanization in Asia*, Laguna, v.10, n.1, p.37-41, 1979.
- POSSAMAI, O., BACK, N. Metodologia de desenvolvimento do projeto de uma trilhadora multi-cereal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15, 1986, São Paulo. *Anais...* Botucatu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p.9-18.
- SHARMA, K.D., DEVANI, R.S. Threshing studies on soybean and cowpea. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, Tokyo, v.11, n.1, p.65-8, 1980.
- SILVA, J.G. da. *Características e avaliação de uma ceifadeira-enleiradora de arroz*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1987. 13p. (Boletim de Pesquisa, 5).

SILVA, J.G. da. *Desenvolvimento e avaliação de desempenho de um protótipo de trilhadora de arroz*. Viçosa, MG, 1981. 47p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.

STOUT, B.A. *Equipo para la produccion de arroz*. Roma: FAO, 1966. 193p.

XUAN, V.T., ROSS, V.E. Harvesting and processing of grain. In: XUAN, V.T., ROSS, V.E. *Training manual for rice production*. Los Bãnos: IRRI, 1976. p.120-4.