

RESSALVA

Alertamos para ausência dos Capítulos 4.3 Perdas na colheita, 5. Conclusões e 6. Referências Bibliográficas, não incluídos pelo autor no arquivo original.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUTIVIDADE E PERDAS NA COLHEITA DE DOIS
CULTIVARES HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA
VELOCIDADE DE SEMEADURA**

Adilson José Rocha Mello
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**PRODUTIVIDADE E PERDAS NA COLHEITA DE DOIS
CULTIVARES HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA
VELOCIDADE DE SEMEADURA**

Adilson José Rocha Mello

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Novembro de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADILSON JOSÉ ROCHA MELLO - Filho de Admilson Luciano de Mello e Aidir Rocha Mello, nasceu em Ponta Porã - MS, no dia 08 de setembro de 1964. Coursou o 1º e o 2º grau em Ilha Solteira (SP). Formou-se Engenheiro Agrônomo, em 1987, pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Ilha Solteira. Trabalhou como Engenheiro Agrônomo da Casa de Agricultura Municipalizada de Pereira Barreto (SP), vendedor externo de um Distribuidor Agroceres em Tatuí (SP), Responsável Técnico de Vendas na Nortox - Indústria Química (Defensivos Agrícolas), região do Vale do Ribeira, grande São Paulo, Vale do Paraíba e Circuito das Águas, Responsável Técnico de Vendas pela Monsanto do Brasil em Araraquara (SP) e Gerente Técnico Comercial na Agrofito. Atualmente, atua como Gerente Técnico Comercial na Cimoagro Comércio e Representação de Produtos Agropecuários, em Itápolis (SP). Em agosto de 2004 iniciou o curso de mestrado em Agronomia, vinculado ao Programa de Ciências do Solo da FCAV/UNESP - Jaboticabal, concluindo o curso em novembro de 2006.

À oportunidade de estar vivo, com saúde e empregado.

Aos velhos Cheray e Vó Di pelos empurrões ao estudo, quando queria jogar bola.

Agradeço

Mariana (*Jabiru mycteria*)

homenageio

À Gabriela (“minha” *Antilophia galeata*)

Ao Diogo (“meu” *Lagothrix*)

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Unesp, Campus de Jaboticabal, pelo apoio logístico.

Ao Departamento de Engenharia Rural pela oportunidade, especialmente ao LAMMA (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola).

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani pela orientação e amizade.

Aos Profs. Drs. Afonso Lopes, Rouverson Pereira da Silva e José Eduardo Corá pela amizade, incentivos e estímulos ao aprendizado durante o curso.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural que contribuíram para a realização deste trabalho, especialmente ao Cido (Aparecido Alves) e ao Maranhão (Valdecir Aparício) que não mediram esforços e dicas na montagem, condução e coleta de dados deste trabalho.

À Miriam Rosângela Ignácio e Davi Aparecido Trevizolli, pela simpatia, assertividade e eficiência como secretários.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da FCAV de Jaboticabal, especialmente ao Edvaldo e ao Marcelo pelo apoio na montagem e condução do experimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Aos colegas do curso, Edinan Augusto Borsatto, Gustavo Naves dos Reis, Danilo César Checcio Grotta, Álvaro Pavan Júnior e Jorge Wilson Cortez pelo companheirismo e amizade.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE EQUAÇÕES.....	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 A cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.)	4
2.1.1 Cultivares híbridos de milho	4
2.1.2 Desenvolvimento de plantas de milho	5
2.2 Desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora	9
2.2.1 Demanda energética do conjunto trator-semeadora-adubadora	9
2.2.2 Distribuição longitudinal das sementes na linha de semeadura..	15
2.3 Colheita mecânica	19
2.3.1 Perdas na colheita mecanizada	19
2.3.2 Fluxo de grãos, de material não grão e total na colhedora	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Caracterização geral do experimento	25
3.1.1 Descrição dos tratamentos e delineamento experimental	25
3.1.2 Equipamentos agrícolas	26
3.1.3 Insumos agrícolas, implantação e condução da cultura	27
3.2 Análise do desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora	28
3.2.1 Velocidade e capacidade de campo efetiva	28
3.2.2 Força e potência na barra de tração	29
3.2.3 Consumo de combustível horário e por área	29
3.2.4 Consumo específico de combustível	30
3.2.5 Distribuição longitudinal de sementes	30
3.2.6 Patinagem dos rodados	31
3.3 Medidas de desenvolvimento da cultura	31

3.3.1	Número médio de dias para emergência das plântulas	31
3.3.2	População inicial de plantas	32
3.3.3	Altura de inserção da espiga viável, altura de plantas e diâmetro do colmo	32
3.3.4	População final de plantas	33
3.3.5	Produtividade de grãos, massa de palha e sabugo	33
3.3.6	Massa de 1.000 grãos, número de fileiras, número de grãos na fileira e índice de espiga	33
3.4	Perdas na colheita mecanizada	34
3.4.1	Perdas quantitativas totais e na plataforma	34
3.4.2	Fluxo do material colhido	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Desenvolvimento da cultura	35
4.2	Desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora	44
4.3	Perdas na colheita	48
5	CONCLUSÕES	52
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Cronograma de atividades	28
2. Número médio de dias para emergência do milho (NMDE), porcentagem de espaçamentos normais (EN) e população inicial de plantas (POPIN)	35
3. Desdobramento da população inicial (plantas ha ⁻¹)	36
4. Altura de plantas (ALTPL), diâmetro do colmo (DCOLMO), inserção da espiga viável (INSERÇÃO) e índice de espigas (INDESP)	37
5. Massa de palha na espiga (PALHA), massa de sabugo na espiga (SABUGO) e massa seca de grãos na espiga (GRÃOS)	38
6. Desdobramento da massa de palha na espiga (g)	39
7. Desdobramento da massa seca de grãos na espiga (g)	39
8. Número de fileiras na espiga (NFIL), número de grãos na fileira (NGFIL) e massa seca de mil grãos (MS1.000G)	40
9. População final (POPF) e produtividade de grãos dos híbridos de milho (P)	41
10. Desdobramento da população final de plantas (plantas ha ⁻¹)	41
11. Desdobramento da produtividade de grãos dos híbridos de milho (kg ha ⁻¹)	42
12. Consumo horário, consumo por área, consumo específico e capacidade de campo efetiva	44
13. Força de tração e potência na barra de tração	46
14. Patinagem traseira, patinagem dianteira e patinagem média	47
15. Perdas na plataforma e perdas totais	48
16. Fluxo de material colhido (MOG, grãos e total), dados em kg s ⁻¹	50
17. Desdobramento para as variáveis fluxo de grãos e fluxo total.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Croqui da área experimental: H1 (híbrido DKB 390, simples), H2 (híbrido DKB 435, duplo), V1 ($5,4 \text{ km h}^{-1}$), V2 ($6,8 \text{ km h}^{-1}$), V3 ($9,8 \text{ km h}^{-1}$)	26

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Página
1. Capacidade de campo efetiva.....	28
2. Potência na barra de tração.....	29
3. Consumo específico de combustível.....	30
4. Patinação dos rodados.....	31
5. Número médio de dias para emergência das plântulas.....	31
6. Fluxo do material colhido.....	34

PRODUTIVIDADE E PERDAS NA COLHEITA DE DOIS CULTIVARES HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE SEMEADURA

RESUMO - O presente trabalho foi conduzido na área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UNESP/Jaboticabal. Avaliou-se o desenvolvimento e os componentes de produção de dois híbridos de milho (DKB 390, simples e DKB 435, duplo), o desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora e as perdas na colheita mecanizada em função de 3 velocidades do conjunto (5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹) na operação de semeadura, totalizando 6 tratamentos com 4 repetições em delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3. Os resultados evidenciaram que o aumento da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora proporcionou menor porcentagem de espaçamentos normais entre as sementes, reduziu a produtividade de grãos para o híbrido simples e não interferiu na produtividade do híbrido duplo. A força de tração na barra não variou com o aumento da velocidade do conjunto, mas houve maior exigência de potência. A menor velocidade do conjunto proporcionou maior fluxo de grãos e maior fluxo total na colhedora para o híbrido simples, não alterando o valor dessas variáveis para o híbrido duplo. Os maiores valores de perdas totais e fluxo de material não grão (MOG) foram obtidos na menor velocidade de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho operacional, demanda energética, componentes de produção.

PRODUCTIVITY AND LOSSES IN THE HARVEST OF TWO TO CORN HYBRIDS IN FUNCTION OF THE SEEDING SPEED

SUMMARY - The present work took place at Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Unesp/Jaboticabal. Through this experiment, it was possible to evaluate the development of two type of corn hybrid (DKB 390, simple and DKB 435, doublé) and their components of production; the performance of the seeder-fertilizer-tractor set and the losses in mechanized harvest in function of 3 different speeds (5.4, 6.8 and 9.8 km h⁻¹) of this set, during the operation of seeding, with 6 treatments and 4 repetitions in a randomized block-type delineation, factorial 2 x 3. The results evidenced that the increase of the speed of the seeder-fertilizer-tractor set, caused a lower percentage of admissible spacing between the seeds, reduced the simple hybrid productivity, but it did not intervene in the double hybrid productivity. Besides, the traction force in the bar did not vary when the speed of the set increased, but there was a greater power requirement. The lowest speed of the set provided a greater grain flow and greater total flow in the harvester for the simple hybrid, but did not change the values of these variables for the double hybrid. The highest values of total losses and flow of material other grain (MOG) were gotten in the lower speed of seeding.

KEYWORDS: operational performance, energy demand, components of production.

1 INTRODUÇÃO

O processo da produção de milho está diretamente ligado ao objetivo do empreendimento: produção de grãos, silagem ou milho verde, na reforma de pastagens, de canaviais ou pomares citrícolas. Para cada situação tem-se uma análise econômico-financeira e a opção pelo nível de investimento, com a conseqüente escolha do cultivar de milho mais adequado. Segundo FORNASIERI FILHO (1992), os diferentes tipos de cultivares existentes devem ser escolhidos de acordo com o objetivo da exploração e características edafoclimáticas inerentes à região.

Além dos objetivos do empreendimento, deve-se adequar a escolha do cultivar às condições químicas do solo, à recomendação de adubação específica para o nível de investimento desejado, à escolha dos herbicidas e aos produtos para controle de pragas e doenças.

Adaptados à nossa região, alguns cultivares híbridos de milho proporcionaram produtividades de grãos na ordem de 6.950 a 9.900 kg ha⁻¹, em cultivos de sequeiro, semeados em meados de novembro (safra 03/04) na região de Nova Europa, Ibitinga, Borborema, Novo Horizonte, Potirendaba, Olímpia, Tabapuã, Taiúva, São Carlos, Itápolis, Rincão e Motuca, no Estado de São Paulo (Mello et al., 2004a). São áreas com altitudes ao redor de 500 m, altas temperaturas e semeaduras tardias. Segundo FANCELLI & DOURADO NETO (2000), o aumento da temperatura, principalmente a noturna, além de incrementar o processo respiratório, contribui para a aceleração da acumulação de graus-dia, contribuindo para o encurtamento do ciclo da cultura, reduzindo o aparato fotossintético e a quantidade de radiação interceptada, bem como o potencial de produção.

A semeadura, no espaçamento e profundidade ideal, torna-se de fundamental importância, pois a produtividade é função do número de plantas na colheita, com espigas viáveis.

Busca-se a razão ideal entre eficiência, velocidade e o custo desta operação. Um grande número de trabalhos demonstra que há grande variabilidade na eficiência da operação de semeadura, dependendo do sistema de manejo do solo e, dentro de um mesmo sistema, para diferentes semeadoras-adubadoras e, especialmente, para a velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora.

Na busca por esse entendimento, os resultados de pesquisas são bastante divergentes. Geralmente concluem que o aumento da velocidade de avanço do conjunto motomecanizado prejudica uma ou mais das variáveis estudadas. Por outro lado, constata-se, também, que não há efeito da velocidade nos parâmetros estudados. No entanto, o valor de $5,0 \text{ km h}^{-1}$ tem sido apontado como limite inferior em determinado estudo, e como limite superior em outro.

A profundidade de colocação da semente e do adubo no solo, o número médio de dias para emergência da cultura e, especialmente, o arranjo longitudinal das sementes na fileira de semeadura, são os parâmetros mais avaliados. Vários estudos concluem que alterações nessas variáveis não resulta, necessariamente, interferência na produtividade objetivada.

Vale ressaltar que a escolha do cultivar específico de milho tem papel decisivo nesse processo. Os cultivares híbridos simples, triplos ou duplos, no caso de milho, podem responder de maneira diferente aos tratamentos propostos, com sensibilidades diferenciadas para cada variável estudada.

Ainda assim, na maioria das vezes, escolhem-se os cultivares pelo preço ou disponibilidade, sem se atentar para as características de cada cultivar, muito menos se é utilizado pelos produtores na região em que se desenvolverá o estudo.

Admitindo-se a influência da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na disposição da semente de milho na fileira de semeadura e respostas diferentes de tipos de híbridos para os componentes de produção de grãos, supõe-se que o aumento da velocidade desse conjunto resulte em efeito negativo nesses componentes e, também, que esse efeito seja mais evidente em um híbrido simples.

Desta forma, o presente trabalho avaliou o desempenho operacional de um conjunto trator-semeadora-adubadora trabalhando em três velocidades de avanço, na operação de semeadura de dois híbridos de milho e as perdas na colheita mecanizada, em sistema de plantio convencional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura do milho (*Zea mays* L.)

2.1.1 Cultivares híbridos de milho

Vale ressaltar que os cultivares híbridos de milho podem responder de maneira diferente devido ao número de linhagens ou variedades que entrem para sua seleção (híbrido simples, duplo ou triplo). Apesar desta premissa, REIS et al. (2004) estudando 3 híbridos de milho (simples, duplo e triplo) da mesma empresa, semeados sob níveis de compactação crescentes, não encontraram diferença no número médio de dias para emergência e valores de área foliar aos 21 dias após a semeadura.

Quando não se leva em conta o tipo de híbrido, pode-se concluir erroneamente frente aos objetivos do estudo em questão. FORSTHOFER et al. (2004) compararam híbridos quanto à duração do ciclo, semeados em diferentes épocas de plantio: agosto, outubro e janeiro. Avaliaram um híbrido super precoce, um precoce e um tardio. No entanto, além das diferenças de ciclo, os híbridos eram diferentes quanto ao número de linhagens em sua formação, simples, duplo e triplo, respectivamente. Só valeriam as comparações do mesmo híbrido dentro das épocas de semeadura. Para as comparações entre os híbridos, os resultados não traduzem apenas o ciclo, mas o tipo de híbrido, especialmente por se tratar de híbridos de diferentes empresas e, portanto, de linhagens diferentes.

Vários trabalhos têm utilizado parâmetros de desenvolvimento da cultura de milho para avaliar diversos fatores, como velocidade de avanço do conjunto trator semeadora-adubadora ou manejo do solo.

FURLANI et al. (1999) encontraram que os valores de altura e diâmetro do colmo das plantas de milho, aos 90 dias após a semeadura, não apresentaram diferença significativa para as diferentes velocidades de avanço. No entanto,

dentro das velocidades, o preparo convencional e o escarificador apresentaram os maiores valores de altura das plantas. O preparo convencional apresentou o maior valor de diâmetro do colmo, aos 90 dias, na velocidade de $3,0 \text{ km h}^{-1}$, sendo que para $5,0 \text{ km h}^{-1}$, foi maior que a semeadura direta e não diferiu do preparo com escarificador. BORSATTO et al. (2004) verificaram que a altura de inserção de espiga e diâmetro do colmo foram sensíveis ao sistema de preparo do solo e que o sistema de preparo reduzido do solo apresentou menor resistência à penetração, promovendo melhores condições de desenvolvimento à planta de milho e aumento de produtividade.

SALGADO et al. (1983) não encontraram diferenças significativas de crescimento da cultura do milho para estudos envolvendo grade aradora, niveladora e arado de aivecas, apesar da maior produtividade proporcionada por este último. SOUZA et al. (1996) verificaram que a gradagem realizada 15 a 30 dias antes da semeadura do milho reduziu o seu desenvolvimento vegetativo, avaliado quanto à altura da planta, índice de espigas, massa de 1.000 grãos e o rendimento de grãos em relação à gradagem no dia da semeadura.

Em relação à velocidade, KLEIN et al. (2002) estudando os componentes de produção (peso de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem) e o próprio rendimento de grãos, não encontraram diferenças para velocidades de avanço crescentes na semeadura da soja.

2.1.2 Desenvolvimento de plantas de milho

Quando se aborda a semeadura do milho, nem sempre a menor velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora é sinônimo de maior produtividade.

SILVA et al. (2000) encontraram que a produtividade obtida para $3,0 \text{ km h}^{-1}$, teoricamente a melhor velocidade, não diferiu para as velocidades de $9,0$ e $11,2 \text{ km h}^{-1}$. Eles avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora (Semeato PAR-2800) provida de um dosador de sementes de disco horizontal perfurado e

de quatro linhas de semeadura de milho (F-5013), nas velocidades de 3,0; 6,0; 9,0 e 11,2 km h⁻¹ e em duas profundidades de adubação (5 e 10 cm), num Latossolo Roxo eutrófico com plantio direto há 12 anos, regulada para 5,9 sementes m⁻¹. O número de sementes m⁻¹ diminuiu com o aumento da velocidade. A velocidade de avanço ou a profundidade de deposição do adubo não interferiram na profundidade de semeadura. A porcentagem de espaçamentos aceitáveis foi significativamente superior para a velocidade de 3,0 km h⁻¹, seguida pela velocidade de 6,0 km h⁻¹. As velocidades de 9,0 e 11,2 km h⁻¹ proporcionaram menor porcentagem de espaçamentos normais e não diferiram entre si. Entretanto, devido à interação entre profundidades e velocidades, para a profundidade de 5 cm na deposição do adubo, a velocidade de 6,0 km h⁻¹ proporcionou a maior produtividade (6.244 kg ha⁻¹), que não diferiu da menor velocidade (3,0 km h⁻¹). Por outro lado, na profundidade de 10 cm, a velocidade de 11,2 km h⁻¹ proporcionou o maior rendimento (6.355 kg ha⁻¹), sem contudo diferir das velocidades de 6,0 e 9,0 km h⁻¹.

Nesse mesmo sentido, a variação da velocidade de avanço pode alterar o arranjo das plantas na fileira de semeadura e não interferir na população de plantas. JUSTINO et al. (1998) estudaram 7 conjuntos de híbridos+disco dosador tipo alveolado horizontal, de 24 e 28 orifícios, sob 5 velocidades tangenciais, numa Semeato PS8 suspensa por cavaletes e acionada com um simulador de velocidades. Não encontraram danos mecânicos para os 7 conjuntos de híbridos+disco, discos de 24 e 28 furos e velocidades tangenciais.

A população desejada, fator diretamente ligado à produtividade, não foi alcançada na maioria dos conjuntos e variou aleatoriamente com as velocidades tangenciais. No entanto, o fator velocidade foi o de maior influência para a distribuição longitudinal das sementes, sendo a menor velocidade melhor que as velocidades maiores. Exceção para um conjunto, onde o resultado ficou ligado ao número de furos dos discos testados. O disco de 24 furos apresentou melhor resultado para a menor velocidade, enquanto que para o disco de 28 orifícios, as duas velocidades extremas foram mais interessantes. Quanto aos discos

estudados, o disco de 24 furos mostrou-se mais interessante que o disco de 28 furos.

FAGANELLO et al. (1998) avaliaram o índice e velocidade de emergência do híbrido de milho AG9014 em cinco semeadoras, com e sem rodas compactadoras, em duas velocidades de avanço, em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico. Observaram que as velocidades de 3,5 e 7,0 km h⁻¹ e o uso ou não de rodas compactadoras não interferiram na velocidade de emergência e no índice de velocidade de emergência de plântulas de milho, que só foram influenciadas pelo tipo de semeadora. Não encontraram diferença significativa nos valores de profundidades de semeadura e no estande de plântulas de milho para os tratamentos estudados.

OLIVEIRA et al. (2000) observaram que o número de sementes ha⁻¹, o estande final, a profundidade de semeadura e a porcentagem de espaçamentos aceitáveis não diferiram estatisticamente quando se aumentou a velocidade do conjunto trator semeadora-adubadora, de 5,0 para 7,0 km h⁻¹. Estudaram o desempenho de uma semeadora-adubadora Vence Tudo, modelo AS 13500, com três linhas de semeadura de milho, dosadores de sementes tipo disco horizontal perfurado, na semeadura do híbrido BR 201, peneira 20 longo, no espaçamento de 0,90 m com 6,3 sementes m⁻¹, aproximadamente 70.000 plantas ha⁻¹, em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

Trabalhos que envolvem velocidades de avanço na operação de semeadura podem variar com o tipo de semente e cobertura do solo e, ainda assim, os resultados serem aleatórios. CASÃO JÚNIOR et al. (2000) avaliaram uma semeadora-adubadora Magnum 2850 PD na semeadura da variedade BR 37 de soja e do Híbrido de milho AG 122, peneira 22, nas velocidades de 4,5 e 8,0 km h⁻¹. Encontraram o menor valor de densidade de semeadura (população) da soja para a maior velocidade estudada. Por outro lado, este menor valor de população de plantas (433,2 mil sementes ha⁻¹) esteve mais próximo do estimado pela regulagem (434,2 mil sementes ha⁻¹). No caso do milho, não houve diferença do número de sementes por metro ou do estande (plantas m⁻¹) para as duas

velocidades. Mesmo para a variável profundidade de semeadura, tanto para soja quanto para o milho, seus valores não diferiram para as duas velocidades. Quanto à profundidade do sulco para deposição do adubo, o aumento de velocidade diminuiu a profundidade quando a operação de semeadura se deu sobre a cobertura vegetal morta de trigo e de soja, em um solo Terra Roxa Estruturada. Não ocorrendo diferença para esta variável nas parcelas com palhada de trigo e milheto rolando, em Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo, respectivamente.

LOPES et al. (2001) não observaram diferenças significativas na emergência de plântulas do milho Braskalb AGN 2012, profundidade de semeadura e produtividade de grãos, tanto para velocidades como para os sistemas de preparo do solo. O estudo abrangeu três sistemas de preparo do solo (plantio direto, escarificador e convencional) e velocidades de semeadura ($3,0$ e $5,0 \text{ km h}^{-1}$), em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, A moderado, textura argilosa, relevo plano, de um conjunto trator-semeadora-adubadora Fankhauser de três linhas e mecanismo dosador de sementes composto por disco perfurado horizontal.

Em relação a componentes de produção (massa de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem) e o rendimento de grãos, KLEIN et al. (2002) não encontraram diferenças significativas entre tratamentos, concluindo que efetivamente velocidades maiores de semeadura podem ser utilizadas sem afetar a produtividade da cultura da soja. Mesmo para a variável que mediu o percentual de plântulas com espaçamento normal (27 dias após a semeadura), esta só foi afetada pela velocidade de $8,3 \text{ km h}^{-1}$ em apenas uma das linhas da semeadora. Os autores utilizaram a cultivar BR 66 em um Latossolo Vermelho pertencente a unidade de mapeamento “Passo Fundo” e uma semeadora-adubadora SHM 15 de 7 linhas, nas velocidades de $3,6$; $4,6$; $5,8$; $7,6$; $8,3$ e $10,8 \text{ km h}^{-1}$.

Talvez a cultura estudada possa absorver variações nos valores de determinados parâmetros e igualar os resultados de produtividade. É o que se pode inferir do trabalho realizado por RIZZARD et al. (1994). Os autores

concluíram que a variação na distribuição das plantas na linha de semeadura não alterou o rendimento de grãos e seus componentes, independente do espaçamento entre linhas (0,7 e 0,9 m). O milho foi capaz de compensar espaços deixados pela desuniformidade longitudinal da semeadura, desde que mantida a mesma população de plantas. O estudo foi realizado num Podzólico Vermelho Escuro distrófico, unidade de mapeamento Passo Fundo, com um híbrido de milho precoce Pioneer 3230 e população, ajustada por desbaste, para 65 mil plantas ha^{-1} . O arranjo se constituiu de 1; 1 e 2; 1, 2 e 3; 2 e, por último, 3 plantas por cova.

2.2 Desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora

2.2.1 Demanda energética do conjunto trator-semeadora-adubadora

A capacidade operacional de determinado conjunto motomecanizado deve objetivar a maior produtividade da cultura com o menor consumo de energia.

A força de tração para semeadoras de precisão varia em função do tipo de solo, leito de semeadura e número de linhas. Para solos argilosos, os valores variam de 1,1 a 2,0 kN por fileira de semeadura da máquina (ASAE, 1996). LEVIEN et al. (1999) encontraram valores de força de tração de 3,24 a 3,64 kN por fileira de semeadura em solo argiloso, não diferindo significativamente entre o preparo convencional do solo, escarificação e semeadura direta. Os mesmos autores encontraram ainda que a necessidade de potência na barra para a operação de semeadura, no sistema de preparo convencional do solo, foi de 19,9 kW.

CHAPLIN et al. (1988) relataram que uma semeadora de 4 linhas necessitou de 1,9 kN de força de tração; 5,1 kW de potência na barra, 6,8 L ha^{-1} de consumo de óleo diesel, 2,9 ha h^{-1} de capacidade de campo teórica e 1,7 kWh ha^{-1}

de consumo de energia, na operação de semeadura em solo com preparo convencional.

FURLANI et al. (2004a) não encontraram diferença significativa para a força de tração em função das velocidades, e seu valor ficou em 12,16 kN para a maior velocidade. Os diferentes preparos do solo não influenciaram a potência e a força na barra de tração, porém quando se passou de 6,3 para 8,6 km h⁻¹ exigiu-se 22% mais de potência na barra. A capacidade de campo efetiva foi maior para a maior velocidade, 3,10 ha h⁻¹. Ainda em função das velocidades, não houve diferença para o consumo por área e específico, sendo 5,60 Lha⁻¹ e 501,25 g kW h⁻¹ os valores para 8,6 km h⁻¹. No entanto, o consumo horário aumentou com o aumento da velocidade, 17,29 Lh⁻¹.

A semeadura, em preparo convencional, proporcionou maior capacidade de campo efetiva (2,71 ha h⁻¹), menor consumo horário (14,55 Lh⁻¹) e menor consumo por área (5,39 Lha⁻¹), quando se comparou com a escarificação, sem diferir significativamente da semeadura direta. No entanto, para o consumo específico, a semeadura em preparo convencional proporcionou valor intermediário de 491,35 g kWh⁻¹ que não diferiu da maior exigência em preparo com escarificador e menor exigência na semeadura direta.

Os autores avaliaram o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, marca Marchesan (modelo Cop Suprema), equipada com 4 linhas espaçadas de 0,90 m e sulcador de adubo tipo haste (facão), na implantação da cultura do milho em um Latossolo Vermelho escuro eutrófico, A moderado, textura argilosa em função da combinação de três sistemas de preparo do solo e duas velocidades de avanço do conjunto motomecanizado, 6,3 e 8,6 km h⁻¹.

BORSATTO (2005) verificou que a velocidade de semeadura e a capacidade de campo efetiva não foram influenciadas pelos sistemas de preparo do solo. Em solo com preparo convencional proporcionou 6,1 km h⁻¹, que não diferiu significativamente no plantio direto e escarificação. No entanto, a velocidade foi maior (6,3 km h⁻¹) quando a semeadora esteve equipada com 4 linhas

espaçadas de 0,90 m, comparada com as 7 linhas de 0,45 m ($5,8 \text{ km h}^{-1}$). O espaçamento de 0,90 m proporcionou o menor consumo horário ($12,9 \text{ L h}^{-1}$) e o menor consumo por área ($5,66 \text{ L ha}^{-1}$). Encontrou, ainda, que a semeadura em preparo convencional proporcionou 14 kN de força e 23,7 kW de potência na barra de tração que não diferiram dos demais preparos. O consumo específico na operação de semeadura não variou em função dos preparos ou dos espaçamentos, apresentando valor de 500 g kW h^{-1} no preparo convencional e 459 g kW h^{-1} para o espaçamento de 0,90 m. O consumo horário e consumo por área para semeadura em preparo convencional foram de $13,83 \text{ L h}^{-1}$ e de $6,80 \text{ L ha}^{-1}$, valores que não diferiram do maior consumo proporcionado na escarificação ($15,05 \text{ L h}^{-1}$ e $7,77 \text{ L ha}^{-1}$) e do menor consumo no plantio direto ($13,35 \text{ L h}^{-1}$ e $6,62 \text{ L ha}^{-1}$). O autor trabalhou com uma semeadora-adubadora de precisão, equipada com 4 linhas espaçadas de 0,90m e com 7 linhas espaçadas de 0,45 m, sulcador de adubo tipo haste (facão), com um trator 4X2 TDA de 73,6 kW (100 cv) de potência no motor num solo Latossolo Vermelho Eutroférico típico, relevo suave ondulado. Levou em consideração dois espaçamentos na implantação da cultura do milho em diferentes preparos do solo.

FURLANI et al. (2005) trabalhando com o mesmo trator e semeadora de BORSATTO (2005) encontraram que, a exigência de força de tração na barra não sofreu influência dos tratamentos obtendo valor médio de 13,4 kN para semeadura em três sistemas de preparo do solo. Houve interação significativa entre os fatores para a potência na barra. Nas duas primeiras marchas, velocidades, não se observou influência do preparo do solo, no entanto, para a quarta reduzida alta, maior velocidade, o preparo convencional exigiu maior potência (32,4 kW) em relação ao solo escarificado, que apresentou maiores índices de patinagem (12,2%) e menor velocidade ($7,0 \text{ km h}^{-1}$). No preparo convencional em função das três marchas (velocidades), os valores de patinagem variaram de 3,3 a 4,1% e não diferiram significativamente, com um coeficiente de variação de 30,6%. O consumo horário de combustível aumentou com o aumento da velocidade de avanço do conjunto, enquanto os consumos por área e específico não foram

influenciados. No entanto, os consumos por área, consumo horário e específico foram menores no preparo convencional, $5,5 \text{ L ha}^{-1}$; $14,5 \text{ L h}^{-1}$; 457 g kW h^{-1} , respectivamente, que não diferiram do sistema de semeadura direta.

O valor da variável velocidade de semeadura para o sistema de preparo convencional (uma aração e duas gradagens niveladoras) e plantio direto (semeadura em solo não preparado), de $7,4 \text{ km h}^{-1}$, foi significativamente maior que a velocidade resultante do preparo reduzido (escarificador combinado com disco de corte e rolo destorroador), $7,0 \text{ km h}^{-1}$. Os autores estudaram o desempenho deste conjunto motomecanizado em diferentes preparos do solo, em terceira reduzida alta, quarta reduzida baixa e quarta reduzida alta que resultaram nas velocidades de $6,3$; $6,9$ e $8,4 \text{ km h}^{-1}$, respectivamente, valores menores que as velocidades teóricas para essas marchas, sem carga (Grotta, 2003).

De acordo com HARRIGAN e ROTZ (1994), a força de tração na operação de semeadura não é função da velocidade de deslocamento.

No entanto, SIQUEIRA et al. (2001), avaliando quatro semeadoras-adubadoras na operação de semeadura direta de soja, detectaram aumento significativo no requerimento de força de tração e potência média e máxima na barra de tração, quando se aumentou a velocidade de deslocamento de $4,7$ para $8,3 \text{ km h}^{-1}$.

MAHL et al. (2004) também observaram aumento da força de tração na barra, para a maior velocidade testada. Avaliaram a demanda energética de uma semeadora-adubadora marca Marchesan, modelo PST², equipada com 6 unidades de semeadura e mecanismos sulcadores para adubo e sementes do tipo discos duplos defasados, tracionada por um trator com $88,3 \text{ kW}$ (120 cv) de potência no motor, em Nitossolo Vermelho distrófico na semeadura de um cultivar híbrido de milho, triplo (CO 32).

A maior velocidade do conjunto motomecanizado proporcionou os maiores valores para a força de tração ($8,64 \text{ kN}$), potência na barra ($19,51 \text{ kW}$) e capacidade de campo efetiva ($2,19 \text{ ha h}^{-1}$) e o menor valor para o consumo de

combustível por área ($6,24 \text{ L ha}^{-1}$). Aumentando-se a velocidade de 4,4 para $8,1 \text{ km h}^{-1}$, houve um aumento de 96% no requerimento de potência.

SILVA (2000) também obteve maior demanda de potência na maior velocidade estudada e constatou um aumento na demanda de potência em 67%, quando a velocidade aumentou de 5,2 para $8,4 \text{ km h}^{-1}$. O aumento da velocidade de 4,4 para $8,1 \text{ km h}^{-1}$ proporcionou um incremento de 86%, de 1,18 para $2,19 \text{ ha h}^{-1}$ na capacidade de campo efetiva, com a redução de 26%, de $8,43$ para $6,24 \text{ L ha}^{-1}$ no consumo de combustível por área. Resultados semelhantes foram encontrados por MAHL & GAMERO (2003).

Aumento da capacidade de campo efetiva com o aumento da velocidade, sem prejudicar a produtividade na cultura da soja, foi o encontrado por BRANQUINHO et al. (2004). Avaliaram o desempenho de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo marca Semeato TD 200 de arrasto com 15 linhas espaçadas de 0,20 m, com sulcadores de discos duplos para sementes e fertilizantes, operando em duas velocidades ($5,2$ e $7,3 \text{ km h}^{-1}$) sobre a palhada da cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), após diferentes manejos, na semeadura direta da soja, sobre um Latossolo Vermelho Eutroférico típico, textura muito argilosa, A moderado, caulínítico vítreo. Resultados que concordam com KLEIN et al. (2002).

O consumo de combustível de diversos tratores, na operação de semeadura, foi estudado durante quatro anos por CORDEIRO et al. (1988), o valor médio encontrado para um trator de potência no motor de 82,4 kW (110 cv) foi de $8,5 \text{ L h}^{-1}$. LEVIEN et al. (1999) obtiveram valores de 13,0; 12,9 e $12,3 \text{ L h}^{-1}$ de óleo diesel para semeadura em Nitossolo Vermelho distrófico, preparado pelo método convencional, reduzido (escarificação) e semeadura direta, respectivamente. OLIVEIRA (1997) detectou que o aumento da velocidade provocou aumento significativo do consumo de combustível, o qual não foi influenciado por diferentes coberturas vegetais do solo, e, que a demanda de potência foi maior em solo Podzólico em relação ao Latossolo.

FURLANI et al. (2004b), avaliaram o desempenho de campo de uma semeadora-adubadora de arrasto marca Marchesan, de precisão, modelo PST² equipada com 6 linhas espaçadas de 550 mm, sulcadores do tipo haste escarificadora em Nitossolo Vermelho distrófico Latossólico em função do preparo do solo na semeadura da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Os valores de força de tração média na barra (13,0 kN), pico de força na barra de tração (16,1 kN) e consumo horário de combustível (11,4 L h⁻¹), no preparado convencional (aração e gradagens), foram inferiores aos resultados proporcionados no preparo com escarificador e não diferiram na semeadura direta.

Já o consumo de combustível por área, em preparo convencional continuou com valor intermediário (7,6 L ha⁻¹), inferior ao preparo com escarificador (9,3 L ha⁻¹) e superior à semeadura direta (7,1 L ha⁻¹).

No entanto, o preparo convencional apresentou capacidade operacional intermediária (1,50 ha h⁻¹), inferior à semeadura direta (1,55 ha h⁻¹) e superior ao preparo com escarificador (1,40 ha h⁻¹). A maior capacidade operacional, na semeadura direta (1,55 ha h⁻¹), ocorreu com o menor deslizamento dos rodados do trator (6,2%). Nos solos preparados, houve menor capacidade operacional e maiores deslizamentos dos rodados motrizes. O preparo convencional resultou em valores intermediários de capacidade operacional (1,50 ha h⁻¹) e de deslizamento (9,4%).

MARQUES et al. (1999), avaliando, em Nitossolo, a implantação da cultura do milho em sistemas de preparo de solo convencional e semeadura direta sob quatro métodos de manejo de vegetação espontânea, observaram que os tratamentos em semeadura direta não diferiram entre si quanto à capacidade de campo teórica, consumo de combustível, força de tração e potência na barra.

FURLANI et al. (2002) avaliaram o desempenho operacional de campo de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, de arrasto, marca Semeato, modelo TD-300, com 15 linhas espaçadas de 200 mm, com disco de corte de resíduos de 356 mm (14") de diâmetro colocado à frente de cada linha de semeadura em solo muito argiloso, classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico Latossólico em

função do preparo do solo combinado com coberturas do solo no inverno. Utilizaram um trator com potência de 88,3 kW (120 cv) no motor. O preparo convencional exigiu a menor força de tração média (7,13 kN), a menor potência na barra de tração (11,3 kW), o menor consumo horário de combustível (13,6 Lh⁻¹), proporcionou a maior velocidade de deslocamento do conjunto motomecanizado (5,7 km h⁻¹) e a maior capacidade de campo efetiva (1,7 ha h⁻¹) quando comparado ao preparo com escarificador.

No entanto, esses valores não diferiram significativamente dos valores obtidos na semeadura direta. O grau de consolidação da camada superficial do solo influenciou a força de tração exigida pela semeadora-adubadora. Tratamentos com camada superficial não mobilizada (semeadura direta) ou mobilizada, mas reconsolidada por preparo secundário (preparo convencional) tiveram menor exigência de força de tração pela semeadora-adubadora.

2.2.2 Distribuição longitudinal das sementes na fileira de semeadura

Além dos aspectos energéticos envolvidos no processo da semeadura, este se reveste de grande importância pelo momento da colocação da semente no solo e a precisão requerida nesta operação. Normalmente, realiza-se a adubação de plantio como operação conjugada. Desta forma, a quantidade e profundidade da semente e do adubo, bem como a posição relativa entre ambos, define a população inicial e o arranjo entre as plantas na fileira de semeadura.

A influência da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora tem sido bastante estudada. Nesse sentido, vários trabalhos têm demonstrado que o aumento da velocidade favorece um desarranjo nos espaçamentos das sementes.

PACHECO et al. (1996) verificaram que o aumento da velocidade de avanço (5,0; 7,0 e 9,3 km h⁻¹) piorou significativamente o desempenho da semeadora estudada. Reduziu a média das porcentagens de enchimento dos alvéolos, aumentou as médias dos coeficientes de variação dos espaçamentos

entre sementes e reduziu as médias das porcentagens de espaçamentos aceitáveis entre sementes, 83,67; 54,99 e 43,22% para as velocidades de 5,0; 7,0 e 9,3 km h⁻¹, respectivamente. Avaliaram a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes de uma semeadora-adubadora Mágnun 2800, em laboratório, para sementes de milho híbrido (AG 303, peneira 22 curto, 8 sementes m⁻¹).

Nessa mesma linha, FURLANI et al. (1999) encontraram um valor de estande significativamente maior para a velocidade de 3,0 km h⁻¹, para todos os preparos do solo. A maior produtividade foi obtida com a velocidade de 3,0 km h⁻¹ no preparo convencional. Estudaram parâmetros de desenvolvimento, estande final e produtividade da cultura do milho (Híbrido AGN 2012, Braskalb) sob duas velocidades do trator-semeadora-adubadora, Frankhauser 3 linhas (3,0 e 5,0 km h⁻¹) e três preparos do solo (semeadura direta, escarificação e convencional) sobre um Latossolo Vermelho Escuro distrófico, horizonte A moderado, textura argilosa e relevo plano.

A velocidade de 5,0 km h⁻¹ aparece como limite inferior no primeiro trabalho (Pacheco et al., 1996), sendo assim, um valor considerado adequado para aquele estudo. No entanto, a mesma velocidade aparece como limite superior no segundo trabalho (Furlani et al., 1999) e, portanto, propiciando pior desempenho da semeadora.

Conclue-se não haver um valor de velocidade absoluto como melhor ou pior, mas um valor relativo a ser encontrado para cada situação estudada.

MAHL et al. (2002) observaram eficiência semelhante na distribuição de sementes de milho (CO 32) nas velocidades de 4,4 e 6,1 km h⁻¹ e, significativamente melhor que na velocidade de 8,1 km h⁻¹. A maior velocidade proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e pior índice de precisão.

Um fator que permite o entendimento das variações no arranjo das sementes na fileira de semeadura, em função da velocidade na semeadura, é a porcentagem de enchimento dos alvéolos, tanto dos discos perfurados horizontais,

como os de mecanismos dosadores pneumáticos. SANTOS et al. (2003) constataram uma porcentagem de enchimento dos alvéolos de 100,92; 100,22 e 99,11% para as velocidades de 5,0; 6,0 e 7,0 km h⁻¹, respectivamente. Entretanto, não houve diferença entre a porcentagem de espaçamentos aceitáveis para as diferentes velocidades. A porcentagem de germinação das sementes não foi afetada significativamente com a passagem pelos discos nas diferentes velocidades. Avaliaram, dentre outras variáveis, a porcentagem de enchimento dos discos dosadores, a regularidade de distribuição longitudinal e germinação (após a passagem das sementes pelos mecanismos dosadores) das sementes de milho híbrido cargil 855, peneira C2M, em laboratório para as velocidades de avanço simuladas de 5,0; 6,0 e 7,0 km h⁻¹.

Os resultados de estudos envolvendo velocidades na operação de semeadura são bastante divergentes e dependem de vários fatores.

O trabalho de ARAÚJO et al. (1999) é um exemplo da complexidade deste tema. Os autores avaliaram o desempenho de 4 semeadoras-adubadoras em solo argiloso na implantação da cultura da soja e do milho à 4,5 e 8,0 km h⁻¹. Os próprios autores concluem que em virtude do número de fatores que influenciaram o desempenho dos sulcadores e da complexidade das interações entre eles, há necessidade de estudos mais específicos visando identificar os mecanismos de ação dos vários modelos de hastes e ponteiros, considerando ainda os efeitos da velocidade de operação.

Apenas uma das quatro semeadoras estudadas proporcionou menor profundidade de sulco com o aumento da velocidade. Na deposição da semente de soja, os valores variaram para as semeadoras, mas não com o aumento da velocidade, ainda assim, o número médio de dias para a emergência foi menor para a maior velocidade (8,0 km h⁻¹), o que pode ter traduzido melhores condições de leito de semeadura. No caso da semeadura do milho, os valores de profundidade do sulco não variaram com o aumento da velocidade, no entanto, a semente de milho foi depositada mais superficial (3,81 cm) para a maior

velocidade ($8,0 \text{ km h}^{-1}$), quando comparada aos $4,5 \text{ cm}$ de profundidade proporcionada pela menor velocidade ($4,5 \text{ km h}^{-1}$).

MANTOVANI et al. (1992) avaliaram o desempenho operacional de 9 semeadoras na semeadura do milho híbrido AG 303, peneira 22 curta, 5 plantas m^{-1} numa profundidade de 6 cm , em um Latossolo Vermelho Escuro. Os autores constataram que, no geral, as velocidades ensaiadas, independente do equipamento, não apresentaram efeito significativo sobre o estande inicial da cultura, exceto para duas máquinas, o mesmo ocorrendo para a distribuição de adubo e profundidade de semeadura.

Os autores concluíram que todas as semeadoras foram sensíveis ao aumento da velocidade de deslocamento quanto à uniformidade.

No entanto, ao se verificar os dados das diferentes semeadoras e a porcentagem de espaçamentos aceitáveis para as três velocidades, observam-se valores bastante variáveis para as semeadoras, mas nem tanto para as diferentes velocidades dentro de uma mesma semeadora (talvez significativos, pois não nos é apresentado um quadro de análise de variância), com exceção de duas semeadoras (JM2000 e JM2040). Um dado interessante é que, tanto a semeadora pneumática quanto a que utiliza o sistema de disco perfurado (gravitacional), pode apresentar a mesma precisão.

PORTELLA et al. (1998), estudaram a influência da velocidade sobre o desempenho de mecanismos dosadores de sementes, do tipo disco alveolado horizontal, na semeadura de milho híbrido peneira 22M, num Latossolo Vermelho Escuro distrófico.

Trata-se de um estudo amplamente citado para embasar revisões em que o aumento da velocidade prejudica as variáveis em estudo. Os resultados demonstram que a faixa de velocidade, de $3,5$ a $4,9 \text{ km h}^{-1}$, proporcionou $74,14\%$ de espaçamentos normais. É importante observar que não houve diferença estatística desta faixa de velocidade para a segunda, de $5,0$ a $6,4 \text{ km h}^{-1}$. Vale ressaltar que, estatisticamente, as faixas que vão de $5,0$ a maiores de $8,0 \text{ km h}^{-1}$ não diferiram, variando de $66,96$ a $54,75\%$ de espaçamentos normais. Desta

forma, conforme TOURINO & KLINGENSTEINER (1983), desempenhos entre 50 e 75% são considerados regulares, estando abaixo do bom (75 a 90%) e do ótimo (90 a 100%).

2.3 Colheita mecânica

2.3.1 Perdas na colheita mecanizada

O momento da colheita finaliza uma série de incertezas, especialmente climáticas, a que se sujeita o empresário agrícola durante o processo produtivo. No entanto, o sucesso na operação da colheita mecanizada do milho depende, dentre outros fatores, da altura das plantas, da altura de inserção da espiga viável, do diâmetro do colmo, da população de plantas, da presença e espécie das plantas daninhas, bem como da sua altura e grau de infestação.

O valor médio de perdas na colheita do milho por problemas mecânicos é de 10% (Brasil, 1993) sendo que, 66% dessas perdas se localizam na plataforma de corte (Portella, 2003). ZABANI et al. (2003) encontraram perdas na colheita da soja, que, considerando-se uma produtividade média de soja de 3.000 kg ha⁻¹ na região estudada (municípios de Nova Ponte e Água Comprida, MG, safra 2002/2003), o nível de perdas atinge a marca de 3,96%, estando, portanto muito acima do limite tolerável de 2%.

A velocidade de semeadura não está diretamente ligada às perdas na colheita, no entanto, a altura de inserção da primeira vagem na cultura de soja, ou a altura de inserção da espiga viável na cultura do milho, o diâmetro do colmo tanto da soja como no milho dependem da população de plantas. E esta, por sua vez, depende diretamente de fatores ligados à semeadura, como velocidade, profundidade de deposição da semente e a distância dela em relação ao adubo.

GOMES et al. (2004) estudando o rendimento de grãos e perdas na colheita da variedade de soja BRS 133 em função da velocidade de semeadura (2,8; 4,0;

6,0; 8,0 e 9,6 kmh⁻¹), verificaram a diminuição significativa da população de plantas, da altura das plantas, da altura de inserção da primeira vagem e do menor rendimento de grãos quando a velocidade de semeadura variou de 2,8 para 9,6 kmh⁻¹. Para essa variação na velocidade de semeadura, constatou-se um aumento nas perdas de grãos livres, perdas de grãos nas vagens, sendo o valor para a variável perdas totais, de 1,6 kg ha⁻¹ para a menor velocidade e 3,2 kg ha⁻¹ para a maior velocidade. Os autores verificaram ainda um maior diâmetro do caule das plantas com menor população e menor altura, que talvez explique as maiores perdas para as maiores velocidades, pela maior resistência do caule ao corte, o que foi percebido a campo com plantas mal cortadas pela plataforma da colhedora, que trilhou parte das vagens antes mesmo de serem recolhidas.

MELLO et al. (2006) trabalhou com três populações de plantas (55,6; 60,6 e 67,9 mil plantas ha⁻¹) na seqüência de um consórcio de crotalária com guandu, manejados com herbicida, rolo faca e roçadora. As perdas na colheita mecanizada do cultivar híbrido de milho DKB 350 (triplo), 26 kg ha⁻¹ (0,3 %), não diferiram em função dos fatores estudados, provavelmente devido ao alto valor do coeficiente de variação (52%). O valor médio das perdas totais (0,3%) ficou abaixo do limite de tolerância (2%), segundo SLC (1988), citado por MOLIN et al. (1998).

Limite este que, segundo MANTOVANI (1989), não deve ultrapassar 10 %, pois inviabiliza a colheita mecânica.

VALLERIO (2005) trabalhou com perdas na colheita do DKB 350, semeado na seqüência de diferentes manejos das culturas de cobertura e não encontrou influência dos fatores sobre as perdas na colheita, fluxo de grãos, de material não grão (MOG) e total. Também encontraram altos valores de coeficiente de variação (74%) para a variável perdas na colheita.

BORSATTO et al. (2006) verificaram que, embora tenham encontrado diferenças estatísticas para altura de plantas e diâmetro do colmo em função de tipos de coberturas do solo e seus respectivos manejos, esses fatores não influenciaram as perdas na colheita e os fluxos de grãos, MOG e total, na colheita mecanizada do DKB 350.

SGARBI (2006) avaliou as perdas na colheita mecanizada do cultivar híbrido de milho DKB 350 com duas umidades (17,5 e 14,4%) e três rotações do cilindro trilhador (500, 600 e 700 rpm). Encontraram perda total de grãos de 1,2 % e 0,57 % para a maior e menor umidade e não encontraram diferenças para as rotações dos cilindros.

Em relação à umidade dos grãos de milho no momento da colheita, PORTELLA (2003) avaliou a influência do ponto de colheita (umidade) nas perdas de grãos de milho utilizando-se de uma colhedora Massey Ferguson, modelo MF-3640, ano 1989, com aproximadamente 2.500 horas-máquina de uso, com plataforma de milho. Para a coleta de perdas de grãos utilizou uma armação retangular de 3,6 m de comprimento, totalizando 1 m² e outra armação de 3,6 m de comprimento, totalizando 25 m² para a verificação de perdas em espigas. Encontrou os menores índices de perdas na plataforma (0,60%) e nos mecanismos internos (0,29%), na colheita com o milho a 15% de umidade, comparado com 18, 25 e 35% de umidade.

Consta em suas conclusões que, na medida em que os grãos vão secando na lavoura, melhora o desempenho da colhedora, tanto na plataforma quanto nos mecanismos internos (trilha e separação), que concorda com os resultados encontrados por SGARBI (2006).

BOLLER et al. (1996) visando avaliar o efeito da regulação da máquina sobre as perdas de grãos pelos mecanismos internos da colhedora realizaram a colheita de milho com teor de água médio de 13,6 % em função da velocidade de avanço (3,0; 4,0 e 5,0 km h⁻¹) e folgas no cilindro/côncavo dianteiro de 13, 20 e 27 mm e no traseiro de 7, 10 e 13,5 mm. Encontraram interação significativa entre a velocidade e folga nos cilindros. Com relação às perdas totais, a análise da variância mostrou que o efeito da velocidade e folga, separadamente, foram significativos, tendo as menores velocidades e a folga de 10 mm apresentado as menores perdas totais.

SILVA et al. (2004) observaram que máquinas com idade entre 0 e 5 anos apresentaram menores valores de perdas para a cultura de milho quando comparadas àquelas com mais de 6 anos de idade.

Resultados que divergem daqueles encontrados por SILVA et al. (1998) e SILVA et al. (1999), que não constatarem nenhuma correlação direta entre a idade das máquinas com as perdas na colheita e MESQUITA et al. (2001) que não encontraram correlação entre as perdas na colheita de soja e a idade das colhedoras com até 15 anos.

CAMPOS et al. (2005) constatarem que as perdas de grãos, na colheita mecanizada de soja, independem da velocidade de avanço das colhedoras e que as colhedoras com até cinco anos, independente da sua taxa de utilização anual, tiveram menores perdas do que as colhedoras com mais de seis anos. As colhedoras próprias apresentaram menores perdas comparadas com as alugadas, e as máquinas com sistema de trilha axial apresentaram menores perdas que aquelas, com sistema de trilha radial. Máquinas alugadas apresentaram uma combinação de alta taxa de utilização anual e velocidade elevada (Zabani et al., 2003).

Os autores explicam que, normalmente, no serviço terceirizado a colheita é realizada com grandes velocidades para que possa haver uma liberação mais rápida da colhedora para outros serviços e estabeleceram uma correlação entre o número de horas de uso da colhedora e o nível de perdas durante a colheita, resultados que concordam com outros obtidos por MESQUITA et al. (2001) e SILVA et al. (1999).

Segundo SILVA et al. (2004) a velocidade de deslocamento influenciou significativamente as perdas de grãos de milho, com as colhedoras que trabalharam em faixas de velocidade de 4,0 a 6,0 km h⁻¹ apresentando perdas superiores àquelas encontradas para máquinas com velocidades de deslocamento superiores a 7 km h⁻¹. O que pode ser explicado pelo fato das colhedoras axiais trabalharem com velocidades de deslocamento mais altas (8,0 km h⁻¹). Quanto ao sistema de trilha, foram encontradas diferenças significativas para as médias de

grãos perdidos, com as colhedoras de fluxo axial apresentando menores perdas ($21,6 \text{ kg ha}^{-1}$) quando comparadas com as máquinas de fluxo radial ($77,4 \text{ kg ha}^{-1}$).

2.3.2 Fluxo de material colhido

O aumento do fluxo de material não grão e de plantas daninhas aumenta as perdas da colhedora. Esse foi o resultado encontrado por GIRO (2004) ao relacionar as perdas na colheita com o fluxo de material não grão colhido (MOG), quando somente a regressão linear foi significativa, evidenciando que as perdas aumentaram com o acréscimo do fluxo de MOG e de plantas daninhas. Observou ainda que, o fluxo provocado pela entrada de plantas daninhas na colhedora, provocou efeito semelhante ao fluxo de MOG sobre as perdas, apresentando valores próximos para os coeficientes angulares das duas retas de valores estimados. Verificou também que o fluxo de plantas daninhas constituiu-se em uma parcela considerável do fluxo de material não grão (MOG), representando em média 24% do material não grão que adentrou na máquina.

O autor constatou ainda que o fluxo de grãos foi influenciado pelo fator cobertura, apresentando maior média para o fluxo obtido nas parcelas implantadas após a cultura do milheto. Segundo o autor, esse tratamento favoreceu o desenvolvimento e a produtividade da cultura ou reduziu o desenvolvimento das plantas daninhas emergentes. Consta no trabalho que a produtividade da cultura da soja, instaladas após o milheto, foi maior quando comparada com a instalação após o sorgo. O fluxo total não sofreu influência dos tratamentos, concordando com BALASTREIRE (1987) e PINHEIRO NETO (1999). Entretanto o fluxo total observado por PINHEIRO NETO (1999) foi menor, sendo o valor desta diferença correspondente ao fluxo de plantas daninhas.

Por outro lado, o rendimento de grãos de milho aumenta com o incremento da população de plantas até atingir o ótimo (SANGOI & SALVADOR, 1998, SANGOI, 1990, ALMEIDA & SANGOI, 1996, ARGENTA et al. 2001a). Vale ressaltar que ARGENTA et al. (2001b) encontraram que a razão entre a massa seca de grãos e a massa seca total da parte aérea da planta de milho (índice de colheita) não foi afetada pelo espaçamento entre linhas e pela densidade de plantas, mas variou em razão do híbrido. É provável que o aumento do material não grão proporcionado pelo aumento da população tenha sido compensado pela maior participação dos grãos com a maior produtividade até o ponto de equilíbrio entre população e produtividade de grãos.

No entanto, MELLO et al. (2006) verificaram que os diferentes fluxos (de grãos, MOG e total) não sofreram influência dos manejos (herbicida, rolo faca e roçadora) ou populações de plantas na semeadura (55,6; 60,6 e 67,9 mil plantas ha^{-1}), ainda que os manejos e as populações iniciais tenham resultado em diferenças significativas nos valores da variável altura de plantas e na variável população final de plantas, resultados semelhantes aos encontrados por VALLERIO (2005) e BORSATTO et al. (2006).

Levando-se em conta o espaçamento da cultura do milho de 0,45 m e a utilização da plataforma de colheita para o espaçamento de 0,90, GERMINO et al. (2003) trabalharam com o cultivar híbrido de milho (triplo) precoce, (Colorado CO32) e concluíram que as perdas de grãos ocorridas na colheita não ultrapassaram os valores recomendados de aproximadamente 5%. As perdas no mecanismo de trilha e limpeza no espaçamento de 0,90 m foram maiores do que as perdas ocorridas no espaçamento de 0,45m, isso mostrou e vem reforçar que é possível a utilização da plataforma para colheita de milho plantado a 0,90 m na colheita do milho plantado a 0,45 m entre as linhas de plantio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização geral do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UNESP/Jaboticabal, no Estado de São Paulo, localizada nas coordenadas geodésicas: Latitude 21°14'S e Longitude 48°16'W, com altitude média de 560 metros, declividade média de 4% e clima Cwa (subtropical), de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

3.1.1 Descrição dos tratamentos e delineamento experimental

Avaliou-se o desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.), perdas na colheita e demanda energética do conjunto trator-semeadora-adubadora em função de três velocidades de avanço (5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹) na operação de semeadura e dois cultivares híbridos de milho (DKB 390, simples, e DKB 435, duplo). Testes prévios foram realizados e a velocidade foi monitorada durante toda coleta de dados, resultando em 5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹, respectivamente para V1, V2 e V3, significativamente diferentes. Utilizou-se o Teste de Tukey a 5% de probabilidade e o coeficiente de variação foi de 1,43%. Cada parcela se constituiu de 90 m² (3,6 x 25 m) e 15 m para manobras, que pode ser verificado na Figura 1.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 3 (2 híbridos de milho e 3 velocidades do conjunto trator-semeadora-adubadora), com 4 repetições. Os dados referentes aos diferentes parâmetros foram submetidos à análise de variância, sendo o teste de Tukey aplicado a 5% de probabilidade para comparação de médias, segundo PIMENTEL GOMES (1987), com auxílio do programa para microcomputador ESTAT (Sistema

para análises estatísticas, v. 2.0), desenvolvido pelo Pólo Computacional do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Jaboticabal.

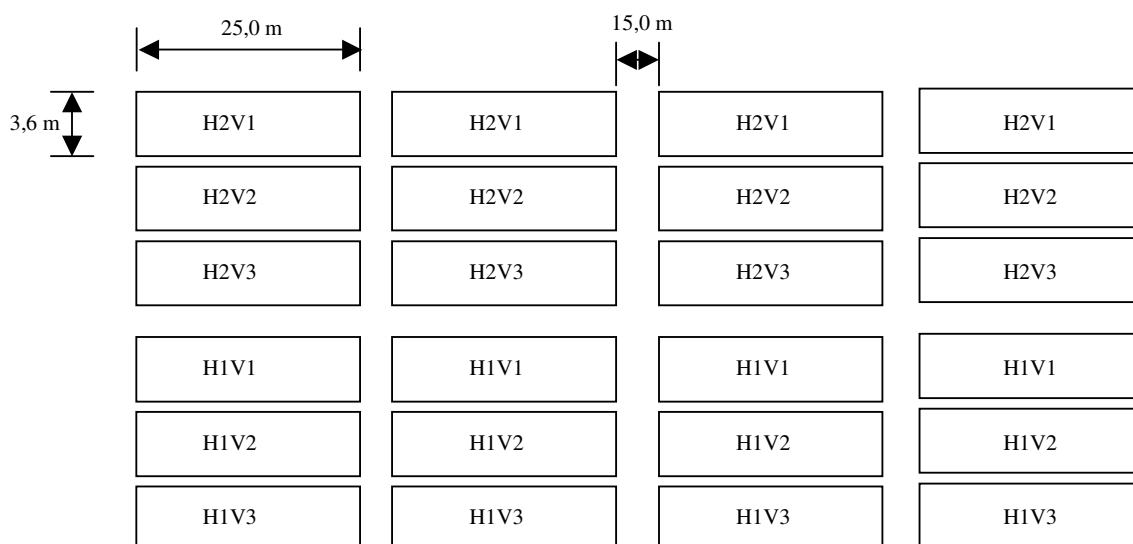


Figura 1. Croqui da área experimental: H1 (híbrido DKB 390, simples), H2 (híbrido DKB 435, duplo), V1 ($5,4 \text{ km h}^{-1}$), V2 ($6,8 \text{ km h}^{-1}$), V3 ($9,8 \text{ km h}^{-1}$).

3.1.2 Equipamentos agrícolas

Nas operações de preparo do solo, utilizou-se um trator marca Massey Ferguson, modelo MF-620, 4x2 TDA com 77,3 kW (105 cv) de potência no motor, um arado reversível montado, com três discos de 660 mm (26 pol) de diâmetro e largura de corte de 0,9 m, de marca Marchesan e uma grade niveladora de arrasto com 32 discos lisos de 458 mm (18 pol) de diâmetro e largura de trabalho de 2,77 m, de marca Piccin. Para a operação de semeadura, utilizou-se um trator instrumentado da marca Valtra, modelo BM-100, 4x2 TDA com 73,6 kW (100 cv) de potência no motor e uma semeadora-adubadora, marca Jumil, modelo Exata com 4 linhas espaçadas de 0,90 m, capacidade de adubo de 1.310 kg e de semente de

200 kg, largura útil de 3,6 m e sulcador de adubo tipo haste (facão). Os depósitos foram completados à meia carga sempre que se completavam os quatro tratamentos de uma determinada velocidade (faixa total de 145 m, Figura 1.).

3.1.3 Insumos agrícolas, implantação e condução da cultura

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens niveladoras. A semeadura dos cultivares híbridos de milho se deu em 26/11/2003, com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (N-P-K), nas velocidades de 5,4, 6,8 e 9,8 km h⁻¹. Regulou-se a semeadora para um estande de 5,7 sementes por metro a uma profundidade de 5 cm e o adubo ao lado (2 cm) e abaixo da semente (10 cm).

Em seguida à operação de semeadura, antes da emergência da cultura, aplicou-se alachlor + atrazina (1,5 L + 1,5 L de ingrediente ativo) para controle de plantas daninhas em pré-emergência. Quando a cultura estava com 4 folhas verdadeiras realizou-se a adubação de cobertura com uréia numa quantidade que completou 100 kg de Nitrogênio por hectare total no ciclo. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizados todos os tratos culturais pertinentes. Realizou-se o controle da lagarta do cartucho logo que apareceram os primeiros sintomas de raspagem nas folhas em dois momentos, com 2 folhas verdadeiras e outra, 20 dias após, com piretróides e inseticidas fisiológicos de maior ação residual. A ordem cronológica, dos tratos culturais e das medições, é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Cronograma de atividades

Data	Atividade
26/11/03	Semeadura e Adubação do milho com coleta simultânea de dados de desempenho do conjunto Trator-semeadora-adubadora
27/11/03	Aplicação herbicida pré-emergente
01 a 11/12/03	Avaliação do número médio de dias para emergência (NMDE)
12/12/03	11 dias após a emergência (DAE), estabilização do NMDE
15/12/03	14 DAE - Avaliação dos espaçamentos normais
19/12/03	18 DAE - Pulverização para lagarta do cartucho
22/12/03	21 DAE - Adubação Nitrogenada
08/01/04	38 DAE - Pulverização para lagarta do cartucho
10/03/04	100 DAE - Avaliação Altura de plantas, altura de inserção da espiga viável e diâmetro do colmo
19/04/04	140 DAE - Colheita, avaliação de perdas na colheita e avaliação da população final
20/04/04	Trilha, pesagens, avaliação das espigas, determinação do teor de água nos grãos e do rendimento por hectare
22/04/04	Coleta de material para Fluxo de MOG e determinação de matéria seca deste material

3.2 Análise de desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora

3.2.1 Velocidade e capacidade de campo efetiva

A velocidade real de deslocamento foi medida com uma unidade de radar (modelo RVS II) localizada na lateral direita do trator. A capacidade de campo efetiva foi determinada pelo tempo de percurso na parcela e a largura útil de trabalho da semeadora (3,6 m), de acordo com a equação (1).

$$CCE = \frac{L * v}{10} \quad (1)$$

Em que:

CCE = capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹);

v = velocidade de deslocamento (km h^{-1});

L = largura de trabalho da semeadora, e

10 = fator de conversão para ha h^{-1} .

3.2.2 Força e potência na barra de tração

A força de tração foi obtida por meio de uma célula de carga M. Shimizu, modelo TF 400, colocada entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da semeadora-adubadora. Por meio da célula de carga conectada a um sistema de aquisição de dados, obteve-se a força média de tração, em kgf, sendo posteriormente transformada para kN, permitindo o cálculo da potência na barra de tração segundo a equação (2).

$$PB = \frac{FT * v}{1000} \quad (2)$$

Em que:

PB = potência na barra de tração (kW);

FT = força de tração na barra (kN);

v = velocidade de deslocamento (m s^{-1}); e

1000 = constante de transformação

.

3.2.3 Consumo de combustível horário e por área

O consumo horário de combustível foi determinado em todas as parcelas experimentais em unidade de volume (mL), por meio da diferença entre os volumes de entrada e saída na bomba injetora e retorno, obtendo-se o volume realmente utilizado pelo trator durante o percurso.

Para medir o consumo de combustível foi utilizado um protótipo desenvolvido por LOPES et al. (2003).

O consumo por área foi obtido pela relação entre consumo horário e a capacidade de campo efetiva.

3.2.4 Consumo específico de combustível

O consumo específico de combustível foi obtido pela equação (3), em que o valor da densidade do Diesel, conforme LOPES et al. (2003).

$$C_e = \frac{d * C}{P} \quad (3)$$

Em que:

C_e = consumo específico (g kW h⁻¹);

d = densidade do Diesel (g L⁻¹);

C = consumo horário (L h⁻¹) e

P = potência (kW)

3.2.5 Distribuição longitudinal de sementes

Após a estabilização das contagens do número médio de dias para emergência das plântulas (item 3.3.1), obteve-se a porcentagem de espaçamentos normais medindo-se a distância entre as plântulas e/ou sementes (desenterrando-as, quando necessário) em 3,0 m, nas duas linhas centrais de cada parcela, segundo metodologia proposta por KURACHI et al. (1989). Desta forma, determinou-se o percentual de espaçamentos correspondentes à classe normal (0,5 Ref < Ref < 1,5Ref), baseado na regulação de 5,7 sementes por metro (Ref), utilizando-se trena graduada em milímetros.

3.2.6 Patinagem dos rodados

Para estimar a patinagem dos rodados, utilizou-se de sensores modelo GIDP-60-12 v em cada uma das rodas e obteve-se a média dos giros para o trator, sem e com carga. Logo, calculou-se a porcentagem da patinagem pela equação (4).

$$Pi = \frac{(nc - ns) * 100}{nc} \quad (4)$$

Em que:

Pi = porcentagem de patinagem (%);

nc = número médio de giros das rodas com carga; e

ns = número médio de giros das rodas sem carga.

3.3 Medidas de desenvolvimento da cultura

3.3.1 Número médio de dias para emergência das plântulas

Avaliou-se o número médio de dias para a emergência das plântulas de milho, com a contagem diária de plântulas emergidas, até a estabilização (mesma contagem por cinco dias consecutivos), em dois metros, nas duas linhas centrais de cada parcela, calculado de acordo com a equação (5) de EDMOND & DRAPALA (1958).

$$M = \frac{[(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)]}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} \quad (5)$$

Em que:

M = Número médio de dias para emergência das plântulas de milho;

N_1 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G_1 = Número de plantas emergidas na primeira contagem;

N_2 = Número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

G_2 = Número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

N_n = Número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e

G_n = Número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

3.3.2 População inicial de plantas

Considerou-se como população inicial o número de plântulas resultante das contagens sucessivas na determinação do número médio de dias para emergência, após a estabilização, convertidos em plantas por hectare.

3.3.3 Altura de inserção da espiga viável, altura de plantas e diâmetro do colmo

Avaliou-se a altura de inserção da espiga viável com o uso de trena graduada em milímetros, medindo-se do nível do solo até o ponto de inserção da espiga. Para a variável altura de plantas, mediu-se do nível do solo até o ponto de inserção da folha bandeira, enquanto que o diâmetro do colmo foi obtido com o uso de paquímetro digital com precisão de 0,1 mm. Obteve-se o diâmetro médio do colmo, devido ao seu formato elíptico, por meio da medição do maior e menor diâmetro do mesmo, no internódio situado acima do primeiro nó das raízes adventícias. As medidas de altura de inserção da primeira espiga, altura de plantas e diâmetro do colmo foram obtidos no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência (item 3.3.1), em 10 plantas seguidas nas

duas fileiras centrais da parcela (10 plantas por fileira), aos 90 dias após a semeadura.

3.3.4 População final de plantas

A variável população final foi obtida no mesmo local da contagem do número médio de dias para emergência (item 3.3.1), no momento da colheita, utilizando-se uma trena de 3,00 m, graduada em milímetros, em cada parcela.

3.3.5 Produtividade de grãos, massa de palha e sabugo

Para a variável produtividade, foram colhidas as espigas das duas linhas centrais da parcela experimental, em 10 m, após o momento em que a cultura atingiu o ponto de maturação fisiológica e umidade próxima de 18%. As espigas foram trilhadas e determinou-se a massa de grãos, corrigida para 13% de umidade, a massa de palhas da espiga e a massa do sabugo.

3.3.6 Massa de 1.000 grãos, número de fileiras, número de grãos na fileira e índice de espigas

Após a trilha das espigas, separou-se uma porção de aproximadamente 250 g e contou-se o número de grãos contidos nesta amostra, obtendo-se a massa estimada de 1.000 grãos, corrigida para 13% de umidade. Para a contagem do número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, utilizaram-se 10 espigas, daquelas coletadas para produtividade (item 3.3.5) por parcela, gerando um dado médio da parcela. Da razão entre o número total de espigas coletadas em 10 m e o número de plantas, obteve-se o índice de espigas, expresso em porcentagem.

3.4 Perdas na colheita mecanizada

A colheita foi realizada com a umidade média de 18% com uma colhedora SLC 1165, ano 1996/97, potência de 103 kW (140 cv), plataforma de 3,8 m, folga cilindro/côncavo 30 x 25 mm, com rotação do cilindro de 550 rpm e velocidade de deslocamento de 3,1 km h⁻¹.

3.4.1 Perdas quantitativas totais e na plataforma

As perdas quantitativas totais e na plataforma foram determinadas após a colheita mecanizada de acordo com metodologia descrita por MESQUITA & GAUDÊNCIO (1997), utilizando-se uma armação de 2,0 m².

3.4.2 Fluxo do material colhido

O fluxo total, fluxo de material não grão (MOG) e fluxo de grãos na colhedora foram determinados utilizando-se a equação (6).

$$\varphi = \frac{L * V * M_s}{10000} \quad (6)$$

em que,

φ = Fluxo (kg s⁻¹);

L = Largura da plataforma (m);

V = Velocidade de deslocamento da colhedora (m s⁻¹); e

M_s = Quantidade de matéria seca total, MOG ou grãos (kg ha⁻¹).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento da Cultura

Nas Tabelas, médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas, e mesmas letras maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados, expressos em porcentagem, foram previamente transformados em arco seno da raiz quadrada de $(x+0,5)/100$. Nas Tabelas que contém os valores em porcentagem são apresentadas as médias relativas aos dados originais.

O número médio de dias para emergência (NMDE) variou de 7 a 9 dias e não sofreu influência dos híbridos e nem das velocidades (Tabela 2). Quanto ao número médio de dias para emergência, nesse mesmo local, FURLANI et al. (2001) obtiveram valor médio de 4,2 dias e MELLO et al. (2004b) encontraram valores entre 6,4 a 7,5. FAGANELLO et al. (1998), que trabalharam com o híbrido de milho AG 9014 e duas velocidades de semeadura (3,5 e 7,0 km h⁻¹), não encontraram influência de híbridos e/ou velocidades na emergência de plântulas.

TABELA 2. Número médio de dias para emergência do milho (NMDE), porcentagem de espaçamentos normais (EN) e população inicial de plantas (POPIN).

Fatores	NMDE (dias)	EN (%)	POPIN (plantas ha ⁻¹)
Híbridos (H)			
DKB 390	8	73	57.870
DKB 435	8	67	58.333
Velocidades (V)			
5,4 km h ⁻¹	7	77 a	60.069
6,8 km h ⁻¹	9	75 a	58.680
9,8 km h ⁻¹	8	57 b	55.555
Teste F			
H	0,02 ns	1,13 ns	0,13 ns
V	1,28 ns	6,18 *	4,49 *
HxV	1,81 ns	0,07ns	4,29 *
C.V.(%)	16,02	17,84	5,31

Ainda observando os dados da Tabela 2, constata-se que o aumento da velocidade para $9,8 \text{ km h}^{-1}$, comparada à média das duas velocidades menores (estatisticamente iguais), causou diminuição de 25% nos espaçamentos normais, que refletiu o desempenho inferior da semeadora nessa velocidade. As velocidades de $5,4$ e $6,8 \text{ km h}^{-1}$ resultaram espaçamentos normais na ordem de 76%, o que segundo TOURINO & KLINGENSTEINER (1983), pode ser considerado como bom desempenho (75 a 90%), no entanto a velocidade de $9,8 \text{ km h}^{-1}$ (57% de EN) apresentou desempenho regular, situando-se entre 50 a 75%, na classificação proposta por eles.

PACHECO et al. (1996), trabalhando com velocidades de $5,0$; $7,0$ e $9,0 \text{ km h}^{-1}$, também encontraram que o aumento na velocidade reduziu as médias das porcentagens de espaçamentos normais entre as sementes, concordando com MANTOVANI et al. (1992), PORTELLA et al. (1998), JUSTINO et al. (1998), SILVA et al. (2000) e MAHL et al. (2004), mesmo que tenham trabalhado com diferentes amplitudes de velocidades e mecanismos dosadores.

No entanto, OLIVEIRA et al. (2000) e SANTOS et al. (2003) encontraram que não houve influência da velocidade sobre a porcentagem de espaçamentos normais, quando esta variou de $5,0$ para $7,0 \text{ km h}^{-1}$.

Analizando o desdobramento da interação entre velocidades e híbridos (Tabela 3), observa-se que o aumento da velocidade não causou diferenças na população do DKB 390, no entanto, a menor velocidade proporcionou maior população do DKB 435 comparada com a velocidade de $9,8 \text{ km h}^{-1}$.

TABELA 3. Desdobramento da população inicial (plantas ha^{-1})

Híbridos	Velocidades (km h^{-1})		
	5,4	6,8	9,8
DKB 390	57.639 A b	58.333 A a	57.638 A a
DKB 435	62.500 A a	59.027 AB a	53.472 B a

Analisando a interferência dos híbridos, verifica-se que apenas na velocidade de $5,4 \text{ km h}^{-1}$ o DKB 435 proporcionou maior população quando comparado com o DKB 390.

O DKB 390 é mais dentado que o DKB 435, enquanto que este é mais duro avermelhado. Essa característica, intrínseca ao híbrido, talvez possa ter proporcionado diferença no comportamento mecânico das sementes durante a queda, após a atuação dos mecanismos dosadores, visto que as sementes foram classificadas na mesma peneira (peneira 22, C2M) e, portanto, seus formatos e tamanhos foram semelhantes.

O DKB 435 proporcionou plantas com maior altura, maior diâmetro do colmo, não diferindo do DKB 390 para o índice de espigas e inserção da espiga viável (Tabela 4).

TABELA 4. Altura de plantas (ALTPL), diâmetro do colmo (DCOLMO), inserção da espiga viável (INSERÇÃO) e índice de espigas (INDESP).

Fatores	ALTPL (m)	DCOLMO (mm)	INSERÇÃO (m)	INDESP
Híbridos (H)				
DKB 390	2,0 b	19,4 b	1,2	0,9
DKB 435	2,1 a	20,4 a	1,2	1,0
Velocidades (V)				
$5,4 \text{ km h}^{-1}$	2,1 a	20,1 a	1,2	1,0
$6,8 \text{ km h}^{-1}$	2,0 b	20,4 a	1,2	0,9
$9,8 \text{ km h}^{-1}$	2,1 a	19,2 b	1,2	1,0
Teste F				
H	19,11 *	8,36 *	11,82 ns	0,87 ns
V	4,46 *	4,39 *	1,26 ns	0,31 ns
HxV	0,10 ns	0,86 ns	0,23 ns	2,02 ns
C.V.(%)	3,52	4,09	5,43	14,14

O que já era de se esperar, pois, o híbrido de menor investimento (DKB 435, duplo) deve chamar a atenção por meio de características que impressionem o visual, como altura de plantas, tamanho da espiga, independente de características de altas produtividades. Ao contrário, o híbrido de maior investimento (DKB 390, simples) deve apresentar produtividade e qualidade de

grãos associadas à sanidade da planta como um todo, independente do valor absoluto de diâmetro do colmo e altura da planta.

Para o fator velocidade, verificou-se que a menor e a maior, velocidades, proporcionaram maior altura de plantas (2,1 m) e que a menor altura de plantas (2,0 m) foi obtida com a velocidade intermediária, de 6,8 km h⁻¹. No entanto, FURLANI et al. (1999) não encontraram diferenças para altura de plantas e diâmetro do colmo em função de duas velocidades de semeadura, para o híbrido de milho AGN 2012 (3,0 e 5,0 km h⁻¹).

Os valores de altura de inserção da espiga viável e índice de espigas não variaram para as diferentes velocidades do conjunto trator-semeadora-adubadora.

Da análise dos resultados de massa de grãos, massa do sabugo e de palha da espiga (Tabela 5), constata-se que o sabugo de maior massa foi proveniente da espiga do híbrido DKB 390. As menores velocidades, 5,4 e 6,8 km h⁻¹, proporcionaram maiores massas de sabugo quando comparadas ao sabugo resultante da velocidade de 9,8 km h⁻¹.

TABELA 5. Massa de palha na espiga (PALHA), massa de sabugo na espiga (SABUGO) e massa seca de grãos na espiga (GRÃOS).

Fatores	PALHA (g)	SABUGO (g)	GRÃOS (g)
Híbridos (H)			
DKB 390	15	32 a	146
DKB 435	18	26 b	128
Velocidades (V)			
5,4 km h ⁻¹	16	31 a	149
6,8 km h ⁻¹	17	30 a	137
9,8 km h ⁻¹	16	26 b	124
Teste F			
H	30,81 *	27,02 *	28,50 *
V	1,22 ns	8,75 *	19,74 *
HxV	19,29 *	1,61 ns	4,34 *
C.V.(%)	8,37	8,61	5,77

Para massa de palha e grãos, houve interação entre os fatores, cujos desdobramentos são apresentados nas Tabela 6 e 7. No DKB 390, a maior massa

de palha (17 g) foi resultante da menor velocidade (5,4 km h⁻¹), enquanto que para o DKB 435, as duas maiores velocidades proporcionaram os maiores valores de massa de palha, que não diferiram si.

TABELA 6. Desdobramento da massa de palha na espiga (g).

Híbridos	Velocidades (km h ⁻¹)		
	5,4	6,8	9,8
DKB 390	17 Aa	14 Bb	14 Bb
DKB 435	15 Ba	20 Aa	18 Aa

A massa de grãos na espiga (Tabela 7) talvez seja a variável que, isolada, melhor represente o potencial produtivo de um híbrido, dentro da população indicada para o mesmo, em uma determinada região.

Constata-se que o DKB 390 obteve o maior valor de massa de grãos (164 g) para a menor velocidade (5,4 km h⁻¹) e o menor valor (128 g) na maior velocidade (9,8 km h⁻¹). Verifica-se, portanto, a influência negativa do aumento da velocidade para esse híbrido (simples), nas condições do experimento. Constata-se, entretanto, que esta variável não apresentou diferenças com o aumento da velocidade para o híbrido DKB 435 (duplo). LOPES et al. (2001) não encontraram diferenças nas massas de palha, sabugo e grãos para o híbrido AGN 2012, submetido a duas velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora-adubadora.

TABELA 7. Desdobramento da massa seca de grãos na espiga (g).

Híbridos	Velocidades (km h ⁻¹)		
	5,4	6,8	9,8
DKB 390	164 Aa	145 Ba	128 Ca
DKB 435	134 Ab	130 Ab	121 Aa

A massa de grãos na espiga reflete o potencial produtivo de um híbrido e a massa de 1000 grãos, associada ao número de fileiras por espiga e de grãos por fileira, está diretamente ligada à produtividade deste híbrido. Dada a importância desses componentes de produção, FANCELLI & DOURADO NETO (2000)

recomendam priorizar o momento fenológico da planta de milho na definição destas variáveis para um manejo correto da adubação de cobertura.

Os valores de número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e a massa de 1.000 grãos estão associados a fatores genéticos, mas o manejo da cultura exerce influência sobre os mesmos (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Houve influência significativa dos tipos de híbridos para as três variáveis analisadas (Tabela 8).

TABELA 8. Número de fileiras na espiga (NFIL), número de grãos na fileira (NGFIL) e massa seca de mil grãos (MS1000G).

Fatores	NFIL	NGFIL	MS1000G (g)
Híbridos (H)			
DKB 390	17,1 a	34,3 b	333,5 a
DKB 435	14,2 b	38,7 a	282,0 b
Velocidades (V)			
5,4 km h ⁻¹	15,9	36,9	322,7 a
6,8 km h ⁻¹	15,3	36,6	305,8 ab
9,8 km h ⁻¹	15,7	36,0	294,8 b
Teste F			
H	168,83 *	33,01 *	56,16 *
V	2,4419 ns	0,44 ns	5,56 *
HxV	0,6105 ns	0,53 ns	0,55 ns
C.V.(%)	3,54	5,06	5,46

O DKB 435 proporcionou o menor número de fileiras por espiga, o maior valor para o número de grãos por fileira e a menor massa de 1.000 grãos.

O aumento nos valores de velocidade não proporcionou diferenças no número de fileiras por espiga e número de grãos na fileira, no entanto, a maior velocidade causou uma perda de 8,6 % no valor de massa de 1.000 grãos em relação à menor velocidade.

Houve interação significativa entre os fatores híbridos e velocidades para os valores de população final e produtividade, que se encontram na Tabela 9, cujos desdobramentos são apresentados nas Tabelas 10 (população final de plantas) e 11 (produtividade de grãos).

TABELA 9. População final (POPF) e produtividade de grãos dos híbridos de milho (P).

Fatores	POPF (plantas ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)
Híbridos (H)		
DKB 390	53.447	7.192
DKB 435	51.949	6.499
Velocidades (V)		
5,4 km h ⁻¹	55.463	7.908
6,8 km h ⁻¹	50.879	6.422
9,8 km h ⁻¹	51.796	6.206
Teste F		
H	1,47 ns	6,01 *
V	4,94 *	14,35 *
HxV	5,70 *	4,09 *
C.V.(%)	5,85	10,10

ARGENTA et al. (2001)b encontraram uma redução no número de espigas por planta, número de grãos por espiga e na massa de mil grãos em função do aumento da população de plantas, de 50 para 65 mil plantas por hectare, para dois híbridos de milho estudados, porém, tais reduções foram compensadas pelo aumento do número de plantas, pois não foi afetado o rendimento de grãos por hectare.

Analisando a Tabela 10, desdobramento da população final em função do híbrido e da velocidade, verifica-se que o DKB 435 teve a maior população final proporcionada pela velocidade de 5,4 km h⁻¹, enquanto que a população final do DKB 390 não variou com o aumento da velocidade.

TABELA 10. Desdobramento da população final de plantas (plantas ha⁻¹).

Híbridos	Velocidades (km h ⁻¹)		
	5,4	6,8	9,8
DKB 390	54.088 Aa	50.879 Aa	55.463 Aa
DKB 435	56.838 Aa	50.879 Ba	48.129 Bb

Observa-se que apenas para 9,8 km h⁻¹, a população final dos híbridos diferiu, de 55.463 plantas (DKB 390) para 48.129 plantas (DKB 435). SILVEIRA et al. (2004) estudando a uniformidade de distribuição de plantas e estande de milho,

não encontraram diferenças para essas variáveis nas velocidades de 3,0, 4,5 e 7,0 km h⁻¹, tanto para o estande inicial como final.

Ao se observar os dados do desdobramento da produtividade, Tabela 11, constata-se que o DKB 390 obteve seu maior valor de produtividade (8.818 kg ha⁻¹) na menor velocidade estudada, de 5,4 km h⁻¹.

TABELA 11. Desdobramento da produtividade de grãos dos híbridos de milho (kg ha⁻¹).

Híbridos	Velocidades (km h ⁻¹)		
	5,4	6,8	9,8
DKB 390	8.818 Aa	6.408 Ba	6.348 Ba
DKB 435	6.997 Ab	6.436 Aa	6.064 Aa

Apenas nessa velocidade ele superou o DKB 435, visto que para 6,8 e 9,8 km h⁻¹, as produtividades entre os híbridos foram semelhantes. A produtividade do DKB 435 não variou com o aumento da velocidade do conjunto trator-semeadora-adubadora na operação de semeadura.

FURLANI et al. (1999), trabalhando com o híbrido AGN 2012 e velocidades do conjunto trator-semeadora-adubadora de 3,0 e 5,0 km h⁻¹, encontraram o maior valor de produtividade para a menor velocidade estudada.

No entanto, LOPES et al. (2001), trabalhando com o AGN 2012, não encontraram diferenças nos valores de produtividade para as velocidades de semeadura de 3,0 e 5,0 km h⁻¹. KLEIN et al. (2002) trabalharam com soja e velocidades de semeadura que variaram de 3,6 a 10,8 km h⁻¹, também não encontraram diferenças para os componentes de produção (massa de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem) e o rendimento de grãos por hectare em função do aumento na velocidade de semeadura.

RIZZARD et al. (1994) não encontraram influência da distribuição de sementes na semeadura e população de plantas sobre a produtividade do milho híbrido precoce Pioneer 3230 e concluem que o milho foi capaz de compensar espaços deixados pela desuniformidade de semeadura desde que mantida a mesma população.

Verifica-se que o DKB 435 manteve maior população final (56.838 plantas ha^{-1}) para a menor velocidade, mas isto não interferiu nos valores de produtividade, o que é constatado nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

No entanto, o DKB 390 manteve a mesma população em todas as velocidades, mas sua maior produtividade se deu na menor velocidade (5,4 km h^{-1}). Isto se deve, provavelmente, à maior massa de grãos por espiga, constatado na Tabela 7, onde se verifica que a variável massa de grãos da espiga decresceu com o aumento da velocidade para o DKB 390 e a mesma não sofreu influência da velocidade para o DKB 435.

Quando se analisa a produtividade, tem-se o resultado de todos os componentes de produção, quais sejam: população final, número de grãos na fileira, número de fileiras de grãos na espiga, massa seca de 1.000 grãos e massa de grãos na espiga.

Como descrito nas pré-suposições, o aumento da velocidade causou uma diminuição na porcentagem de espaçamentos normais, independente do híbrido de milho estudado.

No entanto, para as variáveis diretamente ligadas à produtividade, tais como massa de grãos na espiga e produtividade de grãos, houve interação entre velocidades e híbridos, ou seja, não podemos afirmar que o aumento da velocidade na operação de semeadura causa desarranjos no espaçamento longitudinal das sementes e que este desarranjo leva a uma diminuição da produtividade.

Para o cultivar híbrido de milho duplo, o aumento da velocidade não alterou de maneira significativa os valores de produtividade. No entanto, o cultivar híbrido de milho simples apresentou sua maior produtividade na menor velocidade estudada (Tabela 11).

A massa seca de grãos da espiga também reflete diretamente a produtividade, desde que seja levada em conta a população final. Verifica-se que para as duas velocidades menores, o cultivar híbrido de milho simples apresentou espigas com maior valor de massa de grãos, refletindo seu potencial produtivo,

sendo que para a maior velocidade, os valores foram iguais aos do cultivar híbrido de milho duplo (Tabela 7).

Quando se analisa o efeito da velocidade, o híbrido simples apresentou um incremento de massa de grãos na espiga com a diminuição da velocidade, quando o híbrido duplo apresentou valores significativamente semelhantes para esta variável, independente do incremento na velocidade de avanço do conjunto trator-semeadora-adubadora (Tabela 7).

Tornou-se evidente o efeito diferenciado da velocidade de semeadura para cada um dos híbridos estudados.

4.2 Desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora

Como esperado, observa-se aumento do consumo horário de combustível com o aumento da velocidade, o mesmo acontecendo com a capacidade de campo efetiva (Tabela 12).

TABELA 12. Consumo horário, por área, específico e capacidade de campo efetiva.

Fatores	Consumo Horário (L h ⁻¹)	Consumo por área (L ha ⁻¹)	Consumo específico (g kW h ⁻¹)	Capacidade de campo efetiva (ha h ⁻¹)
Híbridos (H)				
DKB 390	12,2	4,8	822	2,6
DKB 435	12,2	4,7	827	2,6
Velocidades (V)				
5,4 km h ⁻¹	10,3 c	5,3 a	932 a	2,0 c
6,8 km h ⁻¹	12,0 b	4,9 b	843 b	2,4 b
9,8 km h ⁻¹	14,4 a	4,1 c	699 c	3,5 a
Teste F				
H	0,14 ns	0,63 ns	0,05 ns	0,65 ns
V	80,32 *	40,69 *	28,64 *	2000,70 *
HxV	1,54 ns	0,52 ns	1,10 ns	0,16 ns
CV (%)	5,27	5,93	7,53	1,92

Houve aumento de 40 % no consumo horário de combustível, de $10,3 \text{ L h}^{-1}$ para $14,4 \text{ L h}^{-1}$, quando se aumentou a velocidade de $5,4$ para $9,8 \text{ km h}^{-1}$. FURLANI et al. (2004a) também encontraram aumento de consumo horário com o aumento da velocidade, obtendo $14,50 \text{ L h}^{-1}$ para a velocidade de $8,6 \text{ km h}^{-1}$, no preparo convencional.

Entretanto, obtiveram consumo horário maior se levada em consideração a menor velocidade de trabalho.

OLIVEIRA (1997) também detectou que o aumento da velocidade provocou aumento significativo do consumo horário de combustível. BORSATTO (2005) encontrou valor de $13,83 \text{ L h}^{-1}$, com velocidade de semeadura de $6,3 \text{ km h}^{-1}$, em preparo convencional. Valor proporcionalmente menor, devido à menor velocidade. CHAPLIN et al. (1998) encontraram valores de consumo de combustível de $6,8 \text{ L h}^{-1}$ para uma semeadora-adubadora de precisão de quatro linhas em preparo convencional, valor menor que o obtido neste trabalho, na menor velocidade.

Com o aumento da velocidade, mantendo-se a mesma largura de trabalho, já se esperava um aumento da capacidade de campo efetiva com o aumento da velocidade. O valor da variável capacidade de campo efetiva aumentou 75%, de $2,0$ para $3,5 \text{ ha h}^{-1}$, da menor para a maior velocidade de avanço do conjunto. FURLANI et al. (2004a) obtiveram valor de $2,71 \text{ ha h}^{-1}$ para $8,6 \text{ km h}^{-1}$. MAHL et al. (2004) encontraram um aumento de 86% na capacidade de campo efetiva com o aumento da velocidade, de $4,4$ para $8,1 \text{ km h}^{-1}$.

Houve a redução do consumo de combustível por área em 22%, de $5,3$ para $4,1 \text{ L ha}^{-1}$, com o aumento da velocidade de avanço, de $5,4$ para $9,8 \text{ km h}^{-1}$.

Resultados semelhantes aos encontrados por MAHL et al. (2004), que verificaram redução de 26%, de $8,43$ para $6,24 \text{ L ha}^{-1}$, no consumo de combustível por área, com o aumento da velocidade de avanço de $4,4$ para $8,1 \text{ km h}^{-1}$.

Já FURLANI et al. (2004a) e FURLANI et al. (2005) não encontraram influência do aumento da velocidade sobre a variável consumo de combustível por área.

Na mesma tendência, o consumo específico de combustível diminui 25%, de 932 para 699 g kW h⁻¹ com o aumento da velocidade. No entanto, FURLANI et al. (2004a) encontraram consumo específico de 501 g kW h⁻¹ para a maior velocidade (8,6 km h⁻¹) que não diferiu significativamente da menor velocidade (6,3 km h⁻¹). FURLANI et al. (2005) encontraram o valor de 457 g kW h⁻¹ e FURLANI et al. (2004a), 491 g kW h⁻¹, para um valor de velocidade de trabalho, média, de 7,0 km h⁻¹.

Na Tabela 13, encontram-se os valores de força de tração e potência na barra de tração. Como era de se esperar, não se verifica a influência dos híbridos sobre as variáveis analisadas.

A variável força de tração não variou em função das velocidades, apresentado valor médio 6,26 kN. LEVIEN et al. (1999) e FURLANI et al. (2004a) também não encontraram variação da força de tração em função da velocidade, o que concorda com HARRIGAN & ROTZ (1994). No entanto, MAHL et al. (2004) e SIQUEIRA et al. (2001) observaram um aumento nos valores de força de tração com o aumento da velocidade de avanço da semeadora.

TABELA 13. Força de tração e potência na barra de tração.

Fatores	Força de Tração (kN)	Potência (kW)
Híbridos (H)		
DKB 390	6,2	12,7
DKB 435	6,4	12,8
Velocidades (V)		
5,4 km h ⁻¹	6,2	9,2 c
6,8 km h ⁻¹	6,3	11,9 b
9,8 km h ⁻¹	6,3	17,1 a
Teste F		
H	0,91 ns	0,17 ns
V	0,99 ns	591,44 *
HxV	2,82 ns	0,62 ns
CV (%)	2,2	3,64

Em relação à potência exigida, quando se passou de 5,4 para 9,8 km h⁻¹, exigiu-se 86% a mais de potência na barra de tração, um aumento de 9,2 para