

Avaliação de uma Forrageira para a Colheita Mecânica do Sorgo Biomassa



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Documentos 195

Avaliação de uma Forrageira para a Colheita Mecânica do Sorgo Biomassa

Evandro Chartuni Mantovani
Carlos Eduardo de C. Visconti
André Satoshi Seki
Nelson Amado de Oliveira
Luis Balestrim
André May
Rafael Augusto da Costa Parrela

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges

Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Monica Matoso

Campanha, Roberto dos Santos Trindade, Rosângela Lacerda de

Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa

Foto(s) da capa: Evandro Chartuni Mantovani

1ª edição

Versão Eletrônica (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Avaliação de uma forrageira para a colheita mecânica do sorgo

biomassa / Evandro Chartuni Mantovani... [et al.]. -- Sete

Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.

61 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 195).

1. Mecanização. 2. Sorgo forrageiro. 3. Colheita. 4. Produção. I. Mantovani, Evandro Chartuni. II. Série.

CDD 338.161 (21. ed.)

© Embrapa 2015

Autores

Evandro Chartuni Mantovani

Eng._Agrôn.,Ph.D. em Mecanização Agrícola,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG
425 km 65, Cx. Postal 151. CEP 35701-970 Sete
Lagoas, MG, evandro.mantovani@embrapa.br

Carlos Eduardo de C. Visconti

Eng. Metalurgista, pos graduação em Administra-
ção Industrial - Gerente de Inovação para Améri-
ca Latina da empresa CNH Industrial, Av. Jerome
Case, 1801 Bairro Éden, CEP 18087-220. Sorocaba
- SP, carlos.visconti@cnhind.com

André Satoshi Seki

Eng.-Agrôn., D.Sc., Engenheiro Senior da área de
Inovação para América Latina da empresa CNH
Industrial, Sorocaba, SP, andre.seki@cnhind.com

Nelson Amado de Oliveira

Eng.-Agrôn., MS., Energias Renováveis do Brasil -
ERB, Av. Santo Amaro, 48-3º andar ,
CEP 04506-000 - São Paulo, SP.
nelson.amado@futura.energy

Luiz Wanderley Antônio Balestrin

Eng. de Produção - Empresa SEGULA
Technologies, Rua Asia, 85, Centro, CEP
83323.350, Pinhais , PR,
luizbalestrin@yahoo.com.br

André May

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador
da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 425 km 65,
Cx. Postal 151. CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG,
andre.may@embrapa.br

Rafael Augusto da Costa Parrella

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Melhoramento de Sorgo,
Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG
425 km 65, Cx. Postal 151. CEP 35701-970 Sete
Lagoas, MG,
rafael.parrella@embrapa.br

Apresentação

A oportunidade de utilização do sorgo biomassa como fonte para cogeração de energia nas usinas de cana-de-açúcar, durante o período de descanso desta cultura, permitiu à Embrapa Milho e Sorgo estabelecer um trabalho integrado com a indústria de máquinas para viabilizar a produção extensiva, principalmente na colheita mecânica, com a empresa Case New Holland, de Sorocaba-SP. Este trabalho foi muito importante para resolver um dos gargalos do sistema de produção do sorgo, que vinha utilizando as colhedoras de cana-de-açúcar, com modificações no arranjo das linhas de plantio, e com baixo rendimento. A possibilidade de utilização de uma forrageira, com alta capacidade operacional, entre 140 e 160 t/ha, com o arranjo de plantas normal, sem modificações, indicava ser um grande potencial para testes com o híbrido BRS 716, que vem demonstrando excelentes produtividades de massa verde, entre 120 e 150 t/ha, em um curto período de 150 a 180 dias. Este trabalho apresenta resultados inéditos no mundo, por sermos pioneiros com a cultura do sorgo biomassa, e teve a participação da Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG, da empresa Energias Renováveis do Brasil - ERB; e da Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP, que plantaram grandes áreas para testes dos sistemas de produção, além da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP, com uma área de testes, de 5 ha.

Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral
Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Objetivo	8
Caracterização do Conteúdo	8
Resultados da Eficiência Operacional	16
Resultados do Estudo de Movimento e Tempo	23
Resumo dos resultados da 1ª fase de testes da Forrageira New Holland FR9060	30
Resultados	34
Características Técnicas da Forrageira New Holland FR 9060 + Plataforma Kemper Resultados do Estudo de Movimento e Tempo	38
Resultados da Produtividade da Área de Sorgo Biomassa	40
Resultados da Eficiência Operacional em Dois Locais de Testes	42
Resultado das Medições da Eficiência de Campo	44
Resultado do Estudo de Movimento e Tempo	46
Características Técnicas da Forrageira New Holland FR 9060 + Plataforma Marangom	52
Conclusões dos Testes	58
Referências	61

Avaliação de uma Forrageira para a Colheita Mecânica do Sorgo Biomassa

Evandro Chartuni Mantovani¹

Carlos Eduardo de C. Viscont²

André Satoshi Seki³

Nelson Amado de Oliveira⁴

Luis Balestrim⁵

André May⁶

Rafael Augusto da Costa Parrela⁷

A oportunidade de produzir sorgo biomassa nas áreas de descanso da cana-de-açúcar para produção de energia tem despertado o interesse da pesquisa pública e privada para oferecer boas cultivares, com alta produção de biomassa. Neste aspecto, a Embrapa Milho e Sorgo, através do seu programa de melhoramento, que desde a década de 1980 já trabalhava com esse tema, produziu um híbrido, o BRS 716, que vem demonstrando excelentes produtividades de massa verde, entre 120 a 150 t/ha. Para viabilizar este material para uso nas usinas, um trabalho de equipe multidisciplinar vem sendo feito nos últimos 3 anos, integrando o conhecimento agrônomo para um sistema de produção de sorgo biomassa. A grande vantagem que a cultura do sorgo forrageiro oferece é a produção de um volume de massa expressivo, em um período curto de tempo, de 150 a 180 dias. Entretanto, para a produção extensiva, a mecanização é uma condição essencial, para implantação, cultivos, colheita e infraestrutura de transporte do material colhido. Neste aspecto, há necessidade de buscar informações sobre o sistema de mecanização, visando viabilizar o sistema de produção do sorgo biomassa, com ênfase na

colheita mecânica. Isto se justifica, uma vez que na maioria das operações mecanizadas, nas operações de plantio, no cultivo utilizam-se os mesmos equipamentos utilizados para sorgo granífero e forrageiro. No caso da colheita, há a possibilidade de utilização das colhedoras de cana-de-açúcar, mas com modificações no arranjo das linhas de plantio, para permitir o caminhamento nas ruas, sem pisar nas linhas, mas com a redução do número de plantas/ha e com baixo rendimento operacional, sendo que uma máquina nova colhe perto de 40 t/h, e a máquina em idade avançada colhe 20 t/h (BANCHI et al., 2012). Uma outra alternativa de colheita mecânica é a possibilidade de utilização de máquinas colhedoras de forragem, que podem trabalhar em arranjos normais para a cultura do sorgo biomassa e com alto rendimento operacional, de 140 a 160 t/h. Entretanto, até o momento, não há registros no mundo do uso de forrageiras em colheita de sorgo biomassa, e em função das excelentes características mencionadas anteriormente, poderia ser uma grande oportunidade para realizar testes de campo.

Objetivo

Adequação e avaliação de campo de uma forrageira para a colheita do sorgo biomassa visando utilização em grandes áreas produtivas.

Caracterização do Conteúdo

A possibilidade de utilizar uma forrageira para colheita do sorgo biomassa apresenta algumas vantagens, em relação a colhedora de cana-de-açúcar, principalmente por não se ter que modificar o arranjo das fileiras, e com um rendimento

operacional muito alto, para esta cultura, em grandes extensões de área de produção. Estes testes estão sendo possíveis em razão da parceria entre a Embrapa Milho e Sorgo e a empresa New Holland, com estabelecimento de convênios, visando avaliar a Forrageira FR 9060, em áreas de sorgo, plantado nas áreas de descanso das usinas, em programas integrados para testes de cultivares desenvolvidos para produção de energia. Desta forma, integra o programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo, com testes em sistemas de produção de sorgo biomassa, nas usinas de cana-de-açúcar, e a necessidade de realizar todas as atividades mecanizadas, com a participação das indústrias de máquinas e equipamentos, particularmente, testes de colheita mecânica.

A avaliação de campo da Forrageira CNH FR9060 para colheita mecânica de sorgo biomassa foi realizada em 3 fases distintas de testes, com o objetivo de :

1ª fase de testes: Testes com Forrageira New Holland FR9060, sem modificações, na Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG, da empresa Energias Renováveis do Brasil - ERB;

2ª fase de testes: Testes com a Forrageira New Holland FR9060, com modificações, em uma Área Experimental da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

3ª fase de testes: Testes com a Forrageira New Holland FR9060, com modificações, em uma área comercial, para obtenção dos coeficientes técnicos, na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP.

Esta estratégia foi utilizada visando conhecer o comportamento e potencial desta máquina para a colheita mecânica do sorgo

biomassa, sem efetuar modificações inicialmente, para saber as dificuldades para um bom desempenho operacional. Após os testes da 1ª fase, foram levantados os problemas encontrados e sugestões de melhorias, que foram efetuadas na forrageira, pela New Holland, e testadas na 2ª fase, em uma área experimental de 5 ha, com um excelente resultado. Em seguida, com as modificações e resultados da 2ª fase, a máquina foi colocada em uma condição de lavoura comercial, de 52 ha, para se obter os coeficientes técnicos e estudos complementares, na 3ª fase de testes, que serão apresentados a seguir.

1ª Fase dos Testes

O trabalho da 1ª fase de testes de campo iniciou-se no ano de 2013, em uma área de sorgo biomassa, da Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG, da ERB, em parceria com a Empresa New Holland, que disponibilizou a Forrageira CNH FR9060, com duas plataformas Kemper e Marangom, para os testes de campo.

Área de testes:

- Área experimental de 56 ha, de sorgo biomassa, da cultivar BRS 716;
- Local: na Usina Santa Vitória, da Empresa ERB, em Santa Vitória-MG;
- Descrição: Área plana, com uma excelente disposição para colheita mecânica, com corredores longos.
- Cultivar utilizada: Híbrido BRS 716.
- Fileiras de plantas, espaçadas de 0,70 m de largura, com uma população de 140 mil plantas/ha.

- Teor de umidade de colheita de 57,8%, indicado pela área agronômica, visando obter material picado próximo ao ponto de queima.



Figura 1. Vista da área experimental com a cultura do sorgo biomassa, na Usina Santa Vitória, Santa Vitória-MG, 2014. Foto: Evandro C. Mantovani

Características Técnicas da Frrageira New Holland FR9060

- Frrageira autopropelida
- Potência: 500 HP
- Plataforma Kemper
- Largura de corte : 6 m
- Velocidade de trabalho: 2,5 a 6 km/h

- Capacidade operacional: 140 a 160 t/h
- Ângulo de descarga de forragem: 180°



Figura 2. Forrageira autopropelida, da New Holland, modelo FR9060, em teste para a colheita mecânica de sorgo biomassa. Foto: Evandro Chartuni Mantovani, 2014.

Pré-testes

Os pré-testes foram realizados com a Forrageira CNH FR9060, ao lado da área experimental, visando estabelecer as condições de trabalho, para executar a colheita mecânica do sorgo biomassa.

A plataforma Kemper de 6 metros, foi utilizada colhendo 8,5 linhas, de 0,70 m, numa velocidade entre 4 e 5km/h.

Foram realizados os ajustes necessários de regulagem da forrageira, para iniciar os testes oficiais de colheita mecânica, na área experimental, visando avaliar o seu comportamento.

Testes de Campo

Os testes de *eficiência de colheita* com a Forrageira autopropelida FR9060 foram realizados para se conhecer os coeficientes técnicos, que servirão de referência para a colheita mecânica do sorgo biomassa, como:

- capacidade operacional, t/h;
- velocidade de trabalho, km/h;
- consumo de combustível, l/h;

Um estudo de movimento e tempo foi preparado para planejar o uso da forrageira no campo e de toda a infraestrutura de transporte envolvida, para a retirada do material colhido do campo.

Um protocolo para os testes de colheita mecânica com a Forrageira autopropelida CNH FR9060, em sorgo biomassa, foi preparado e utilizado para facilitar as ações de coleta de dados no campo.

Os testes foram realizados em uma área de sorgo biomassa de 56 ha, da Usina Santa Vitória, com as seguintes atividades listadas no protocolo:

- Avaliação e escolha de uma área homogênea para realização dos testes;
- Testes preliminares de campo com a Forrageira CNH FR9060 autopropelida, em uma área ao lado dos locais de testes, para estabelecer a velocidade de trabalho adequada (km/h), utilizando-se inicialmente a largura de 6 m da plataforma,

dentro da capacidade operacional permitida para manuseio do material picado (t/h);

- Realização da colheita mecânica, com a Forrageira CNH FR9060, em pelo menos três locais homogêneos, para um período de 30 minutos/cada área ou áreas pré-estabelecidas, de 5 ha cada;
- Caracterização da área de teste, indicando a declividade do terreno, altura das plantas, situação do solo para trânsito da forrageira e medição do estande de plantas (pl/ha), nos locais escolhidos;
- Antes de iniciar a colheita, encher o tanque de combustível da forrageira para ficar completo, e realizar medições do consumo horário (l/h) no painel da máquina e anotadas, para cada carreta que era colhida, com os respectivos tempos;
- Fazer a adequação do cilindro da forrageira para corte da biomassa, com a quantidade de facas necessárias para picar o colmo em tamanho adequado para queima, na caldeira, a ser realizada pela empresa Case New Holland - CNH, na fábrica, em Curitiba-PR;
- Utilizar o Estudo de Movimento e Tempo para obtenção dos seguintes parâmetros:
 1. tempo para enchimento de cada carreta, distância percorrida, consumo médio de combustível (l/h) e posteriormente, com pesagem em balança, para saber

o rendimento de colheita, em t/h e, indiretamente, eficiência de colheita;

2. tempo de cada carreta transportando o material colhido do campo até a balança, depois, até o pátio, com o tempo de descarga e retornando ao campo.
3. Avaliação visual do material picado nas carretas, e, posteriormente, conhecer a eficiência de queima, dos diferentes lotes colhidos nos campos, entregues na usina, para saber se a Forrageira autopropelida CNH FR9060 atende às necessidades de colheita do sorgo biomassa.
4. Os dados coletados em campo foram processados na Embrapa Milho e Sorgo e são apresentados a seguir sobre o trabalho da Forrageira CNH FR9060 auto-propelida, durante a colheita mecânica de sorgo biomassa. As informações sobre o processamento do material queimado serão fornecidas posteriormente pela Usina Santa Vitória e são importantes para aprovar ou não o uso deste equipamento para colheita mecânica da cultura do sorgo biomassa.
5. Neste estudo, o controle do tempo visa estabelecer uma rotina capaz de permitir o cálculo de caminhões necessários para atender a colheita no campo, sem que haja prejuízo de paradas excessivas da forrageira, por falta de caminhões de suporte, comprometendo a sua capacidade operacional.

De acordo com Hunt (2001), a eficiência de colheita é medida em toneladas/hora e pelo número de horas que a máquina está produzindo trabalho, ou seja, somente é considerado trabalho quando a forrageira estiver colhendo, caso contrário é considerado desperdício de tempo e prejuízo de uso do equipamento, na espera de caminhões para descarga do produto colhido, deslocamento até o campo, abastecimento, almoço, café, etc.

Na literatura, segundo Mantovani et al. (2014), a colhedora automotriz deve apresentar uma eficiência de colheita entre 65 a 80%, ou seja, em 10 h de trabalho, a máquina deve produzir trabalho entre 6,5 e 8 h.

Resultados da Capacidade Operacional

Os resultados da Capacidade Operacional da Forrageira CNH FR9060 e os dados de produtividade da cultura do sorgo biomassa são apresentadas abaixo, na Tabela 1, Figura 3 e Figura 4.

Com os dados de carga dos caminhões e área colhida (distâncias percorridas x o número de linhas colhidas), foi possível calcular a produtividade deste campo de sorgo biomassa, em diferentes locais da cultura e em dias diferentes. Além disso, por causa do alto valor das perdas no campo de colmo, de 25%, foi feita uma medição e este valor foi adicionado ao de produtividade, como mostra a Figura 4.

Tabela 1. Dados de Capacidade Operacional - (CO) da Forrageira CNH FR9060, colhendo sorgo biomassa, com estimativa de perdas de 25%, na Usina Vitória, em Santa Vitória – MG. 21 a 28/05/2014.

Tempo de colheita (min)	CO (kg/m)	CO (t/h)	Distância colhida (m)	Número de Linhas	Área colhida (m²)	Produtividade (t/ha)	Consumo de combustível (l/min)		
3	1183,33	71,00	143,60	6,0	603,1	58,9	5,3		
5	900,00	54,00	235,90	6,0	990,8	45,4	8,9	21/05/14	71,32
2	1700,00	102,00	129,70	6,0	544,7	62,4	4,0	22/05/14	127,17
6	785,00	47,10	252,00	5,0	1058,4	44,5	10,9	23/05/14	155,88
25	880,00	52,80	1027,00	6,0	4313,4	51,0	39,0	26/05/14	137,41
4	1177,50	70,65	194,90	6,0	818,6	57,5	6,3	27/05/14	77,48
2	1700,00	102,00	190,00	7,0	798,0	42,6	4,1	28/05/14	81,51
3	1183,33	71,00	178,10	6,0	748,0	47,5	6,0	Média Geral	108,46
	Média	71,3				51,2			
2	1700,00	102,00	114,00	7,00	558,6	60,9	4,9		
3	1500,00	90,00	208,60	6,00	1022,1	44,0	6,0		
3	1570,00	94,20	235,80	5,00	1155,4	40,8	7,6		
4	1125,00	67,50	211,90	6,00	1038,3	43,3	8,1		
1	3550,00	213,00	140,00	6,00	686,0	51,7	3,6	Produtividade (t/ha)	
2	1700,00	102,00	143,00	6,00	700,7	48,5	4,8	Data da amostragem	
2	1775,00	106,50	153,00	6,00	749,7	47,4	4,7	21/05/14	51,2
3	1133,00	68,00	161,40	6,00	790,9	43,0	5,4	22/05/14	59,1
3	1133,00	68,00	161,40	6,00	790,9	43,0	5,4	23/05/14	81,2
6	750,00	45,00	326,40	6,00	1599,4	28,1	13,6	26/05/14	67,1
3	7333,33	440,00	212,40	5,00	1040,8	211,4	6,7	27/05/14	52,3
4	1177,50	70,65	310,90	5,00	1523,4	30,9	7,2	28/05/14	45
	Média	127,17				59,1		Média	59,3
2	1700,00	102,00	139,00	6,0	583,8	58,2	8,6		25% perdas
1	3400,00	204,00	91,00	6,0	382,2	89,0	2,7		64,0
2	2250,00	135,00	172,00	6,0	724,9	62,1	5,1		73,9
2	2355,00	141,30	170,00	6,0	714,0	66,0	4,6		101,5
1	3550,00	213,00	108,90	6,0	457,4	77,6	3,4		83,9
3	2333,33	140,00	123,90	6,0	520,4	134,5	3,0		65,4
	Média	155,88				81,2			56,3
									74,1

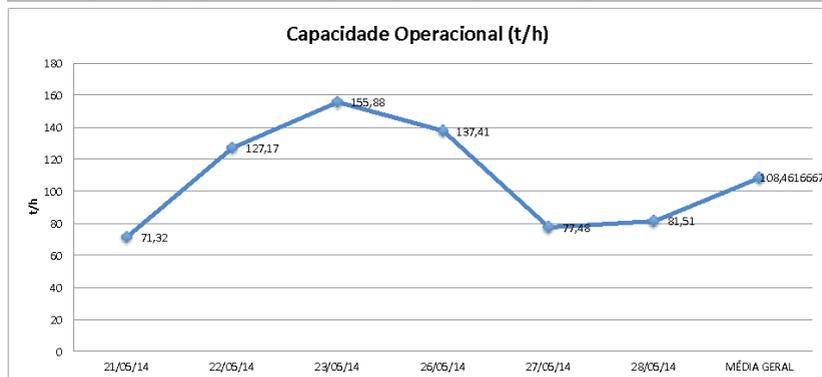


Figura 3. Curva de capacidade operacional, da forrageira autopropelida CNH FR9060, colhendo sorgo biomassa, na Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG. 21 a 28/05/2014.

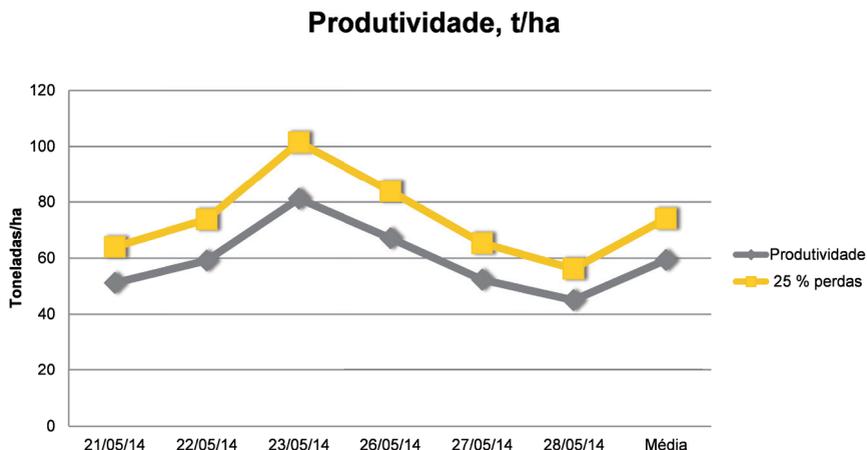


Figura 4. Produtividade do sorgo biomassa, em t/ha, com correção de perdas, da área de produção onde foram realizados os testes de colheita mecânica, com a Forrageira CNH FR9060, na Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG, 2014.

Os dados de produtividade de massa verde, com uma média próxima de 80 t/ha, variando de 60 a 100 t/ha, com 57,8% de umidade.

Os dados mostrados na Figura 3 indicam o comportamento da forrageira, em relação à capacidade operacional (t/h), ao longo de 6 dias de colheita. É importante ressaltar que houve uma grande variação de eficiência, com valores variando de 71,32 t/h a 155,88t/h, e com uma média de 108,46 t/h, motivada por uma série de problemas, como: irregularidade do terreno, acamamento da cultura, com paradas frequentes e, em algumas vezes, inadequação da própria forrageira para trabalhar com uma cultura daquele porte e produtividade (Figura 5).

A Figura 5 ilustra a dificuldade que foi trabalhar com a forrageira, em locais com muitas plantas acamadas e quebradas, mesmo colhendo dentro da faixa de umidade

recomendada, como foi a situação desta área, na Usina Santa Vitória. À medida que a forrageira avança, as plantas vão se acumulando em cima da plataforma e embuchando a máquina, principalmente os rolos verticais, que conduzem a planta para dentro dos cilindros de corte. Neste caso, o operador tem que parar a máquina e retirar as plantas, em seguida levantar a plataforma, passando por cima deste material e retornar a colheita. Similar a esta situação, foram várias paradas, o que diminui a eficiência operacional de trabalho com muito tempo perdido.



Figura 5. Ilustração do problema de acamamento da cultura durante a colheita mecânica que ocasionou paradas frequentes para desembuchar a plataforma de corte, na Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG. 21 a 28/05/ 2014.

De qualquer forma, esta máquina, mesmo sem alguma modificação para trabalhar com o sorgo biomassa atingiu valores muito próximos (155,88 t/h) da indicação do fabricante, de eficiência para colheita de forragem, de 140 a 160 t/h. Nas

áreas onde a cultura atingiu as mais altas produtividades, a forrageira teve que reduzir a velocidade de colheita e trabalhar com um disco horizontal de corte a menos, reduzindo a largura de corte para 4 m, e obteve as melhores eficiências operacionais, de 127,17, 155,88 e 137,41 t/h (Figura 5). Estes resultados poderiam ter uma média melhor, próxima da indicação do fabricante, mas algumas melhorias precisam ser feitas na máquina e no preparo do solo, para facilitar o trabalho de colheita.

Na cultura do sorgo biomassa, por ter um porte muito alto, o operador, na cabine, não consegue enxergar as linhas de colheita e a parte da frente da plataforma de corte, porque as plantas dobram para frente, sem nenhum anteparo para segurá-la até o corte e encaminhamento para dentro do cilindro de corte. Outra dificuldade é a falta de um separador de linha, colocado nas extremidades laterais da plataforma, que divide com as plantas não colhidas, para evitar que elas tombem e caiam no chão, dificultando o recolhimento, ao mudar de sentido de colheita.

Apesar das dificuldades, os testes de campo mostraram, nesta primeira fase, que a Forrageira CNH FR9060 teve um desempenho de regular para bom, colhendo o sorgo biomassa nesta área experimental, e precisa de alguns ajustes para melhorar a estabilidade da operação.

Observações de campo:

As primeiras observações sobre o trabalho da forrageira colhendo sorgo biomassa, de alta produtividade, mostram a dificuldade de processamento de toda a massa colhida pela

plataforma de 6 metros, equivalente a 8 linhas, ocasionando paradas frequentes;

A forrageira tem uma capacidade de processar uma determinada quantidade de material/tempo e, neste caso, parece estar acima do limite, ou outros fatores, como o direcionamento do material a ser picado, podem estar influenciando os constantes embuchamentos, como mostra a Figura 5;

Por causa desse problema, dos quatros discos horizontais giratórios da plataforma, para corte e condução da planta a trituração, a opção foi utilizar somente três, o que correspondia entre 4 e 6 linhas, reduzindo a largura de ataque da plataforma e possibilitando o processamento adequado dos colmos ao longo do percurso dos cilindros;

Ao mesmo tempo, os direcionadores de colmos, localizados nas extremidades da plataforma, foram regulados para alcançar uma altura determinada que pudesse selecionar melhor as plantas para os discos horizontais de corte e encaminhamento das plantas para os cilindros internos. Esses ajustes foram essenciais para começar o trabalho da forrageira, no segundo dia, com poucas paradas de embuchamento, mas mesmo assim ainda não foram suficientes;

Mesmo com estes ajustes nos discos horizontais de corte, os separadores de plantas nas extremidades não conseguiram evitar o acamamento das plantas das fileiras vizinhas, que, em seguida, eram acumulados na plataforma, no retorno da forrageira, além das fileiras colhidas, aumentando substancialmente a quantidade de material nos discos

horizontais. Dessa forma, as paradas continuavam, mesmo em menor quantidade, para desembuchar a forrageira, como mostra a Figura 5;

Toda vez que a forrageira parava para desembuchar a plataforma de corte, o operador tinha que dar marcha-ré, para retirar o excesso de colmo da plataforma, e este material era perdido no campo, constituindo-se uma perda significativa de colmo;

Dessa forma, na tentativa de ajustar e adequar esta máquina para colheita de sorgo biomassa notava-se o excesso de perda de material no campo. Entretanto, ao considerar que esta operação nunca havia sido experimentada antes com sorgo biomassa, com uma colhedora de forragem, estas perdas devem ser entendidas como normais para testes desta natureza, uma vez que se buscam como prioridade os ajustes e a adequação da Forrageira CNH FR9060.

As atividades de ajustes da máquina, com melhorias no sistema de seleção de plantas, nas extremidades da plataforma, permitirão de forma significativa a redução do acamamento e conseqüentemente das perdas. Além disso, há necessidade de colocação de anteparo na frente da plataforma, como, por exemplo, um garfo, para evitar que a planta dobre excessivamente sobre a plataforma, por causa da sua altura de 6 metros, e atinja constantemente a cabine do operador, tampando a sua visibilidade. Este anteparo poderá ser colocado de uma ponta a outra, instalado nos separadores de plantas, nas extremidades da plataforma, com uma ação similar a de um molinete, mas sem movimento circular. Além disso, este material pode estar dificultando a ação dos cilindros

horizontais, acumulando em locais que dificultam a ação do corte na parte da frente e embuchem a plataforma.

Resultados do Estudo de Movimento e Tempo

Os resultados do estudo de movimento e tempo, do sistema colheita mecânica do sorgo biomassa são apresentados a seguir, e ilustram as diferentes operações a serem mensuradas:

Na área experimental, dois sistemas de transporte foram utilizados para retirar o material colhido:

Sistema 1: carregando diretamente da forrageira para os caminhões basculantes e levando para pesagem e descarga no pátio.

Sistema 2: carregando com carretas transbordos ao lado da forrageira e descarregavam no caminhão graneleiro (110 m³).

Para encher uma carreta graneleira (110 m³), utilizavam-se quatro cargas de carretas transbordos, o que facilitou muito e reduziu o tempo de atendimento à forrageira.

Mesmo sabendo que os testes da forrageira eram mais importantes naquele momento, este trabalho foi complementar, por causa da grande infraestrutura de transporte que foi envolvido nesta colheita, visando posteriormente equilibrar o sistema e definir o número de caminhões necessários para atender à colheita e evitar desperdícios.

Ao iniciar a tomada de dados para o estudo de movimento e tempo, diversas planilhas foram distribuídas para anotação dos tempos de cada operação, indicado na Figura 3, para avaliar o sistema de colheita e sua infraestrutura de suporte, que determina se este está balanceado ou não, permitindo que a forrageira possa desenvolver adequadamente o seu desempenho operacional.

Foram monitorados os tempos para enchimento dos caminhões durante a colheita do sorgo biomassa, as respectivas distâncias percorridas, com o número de linhas colhidas e o consumo de combustível. Da mesma forma, a marcação do tempo para entrega da carga até a balança, o tempo para pesar, em seguida, o tempo até o pátio e descarga, e finalmente o tempo de retorno até o campo novamente. Neste estudo, o controle do tempo visa estabelecer uma rotina capaz de permitir o cálculo de caminhões necessários para atender a colheita no campo, sem que haja prejuízo de paradas da forrageira, por falta de caminhões de suporte. A eficiência de colheita, ou melhor, a eficiência de campo na fórmula, da Tabela 1, é medida pelo número de horas que a máquina está produzindo trabalho (t/h), ou seja, somente é considerado trabalho, quando a forrageira estiver colhendo, caso contrário, é considerado desperdício de tempo e prejuízo de uso do equipamento, para esperar caminhão, no deslocamento até o campo, no abastecimento, almoço, café, etc.

A Tabela 2, a seguir, faz um resumo dos dados obtidos no campo e permite o dimensionamento do sistema estudado: A seguir, as Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram os tempos de percurso de todas as operações e o cálculo do número de caminhões, nos dois sistemas, para atender ao sistema de colheita mecânica de sorgo biomassa, no campo da Usina Santa Vitória:

Tabela 2. Dados de tempo de carga dos caminhões basculantes de carga e dos transbordos, no campo pela forrageira, tempo de carga dos transbordos, no caminhão graneleiro, peso das cargas e respectivas áreas colhidas, em ha, na Usina Santa Vitória, na cidade de Santa Vitória-MG, 19 a 23/05/2014.

Data	Campo	Caminhão	Tempo de carga	Peso entrada	Peso Saída	Peso da carga	Effc.Op(t/h)	Área colhida
21/05/2014	A2	C3		42470	19290	23180		
		C8	5	15330	11800	3530	42,36	
		C9	2	13540	10390	3150	94,5	
		C6	6	17220	12220	4950	49,5	
		C2	25	40230	19430	20800	49,92	
		C6	4	17030	12270	4760	71,4	
		Transbordo	Tempo de descarga no TB Minutos	Caminhão		Tempo de descarga no caminhão Minutos	Peso do caminhão (kg)	
A2		TB1	3	C1		5	22980,00	0,12
		TB2	4,05			6		0,12
		TB3	7			6		0,12
		TB4	4,5			8		0,14
			Média				0,50	
A2		TB1	4,2	C3		15	23445,00	0,20
		TB2	3			5		0,12
		TB3	3,5			14		0,26
		TB4	3,4			7		0,15
			Média				0,72	
A2		TB1	2,5	C2		5	21745,00	0,14
		TB2	3			3		0,09
		TB3	3			5		0,12
		TB4	4			4		0,12
			Média				0,46	
A2		TB1	3	C4		5	23000,00	0,11
		TB2	4,5			7		0,08
		TB3	7			8		0,13
		TB4	4,5			14		0,27
			Média				0,59	

Tabela 3. Tempo médio (h) para os caminhões basculantes C06, C07 e C08 percorrerem todo o percurso desde o campo até o seu retorno, para atender novamente forrageira.

Percurso	C06	C07	C08	Média
Campo				
Balança	00:47	00:49	00:47	00:47
Pesagem	00:04	00:08	00:06	00:06
Usina	00:55	00:45	00:50	00:50
Descarga	00:09	00:07	00:10	00:08
Campo	00:45	00:40	00:48	00:44
Total	02:40	02:29	02:41	02:36

Tabela 4. Tempo médio para a forrageira encher cada caminhão basculante, área colhida (distância percorrida x número de linhas) e consumo de combustível (litros) e necessários para atender ao Sistema 1.

Caminhão Basculante	Distância Percorrida (m)	Tempo de carga (min)	Número de linhas	Consumo de Combustível (l)
C06	252	6	5	10,9
C06	194,9	4	6	6,3
C07	235,9	5	6	8,9
C08	143,6	3	6	5,3
C08	178,1	3	6	6
Média	200,9	4	5,8	7,5

Para o Sistema 1, utilizando caminhões basculantes, o tempo médio de carga de colmos picados pela forrageira é de 4 minutos, como pode ser visto na Tabela 2, e o tempo de transporte para cumprir todo o percurso, mostrado na Tabela 3, é de 2 horas e 36 minutos, o que demandaria 39 caminhões para atender a colheita, no campo.

Para o Sistema 2, os dados são apresentados a seguir, nas Tabelas 5 e 6, e mostram um tempo maior para cumprir todo o percurso, mas trabalha com dois caminhões de transbordos, enchendo uma carreta graneleira de cubagem maior, de 130 m³, e permitindo um menor tempo do caminhão para atender a forrageira, na descarga.

Tabela 5. Tempo médio (h) para caminhões C01, C02 e C03 percorrerem todo o percurso desde o campo até o seu retorno, para atender novamente a forrageira.

Sistema 2:

Percurso	C01	C02	C03	Média
Campo				
Balança	00:35	00:36	00:45	00:38
Pesagem	00:08	00:07	00:10	00:08
Usina	01:00	00:47	00:40	00:49
Descarga	00:50	01:0	00:40	00:50
Campo	01:05	01:02	01:00	01:02
Total	03:38	03:32	03:15	03:28

Tabela 6. Tempo médio para a forrageira encher cada carreta transbordo no campo e tempo de transbordamento para atender ao Sistema 2.

Caminhão transbordo	Distância percorrida (m)	Tempo de carga (min)	Número de linhas	Consumo combustível (l)	Tempo transbordamento (hm)	Tempo Total(min)
1	244,7	00:05	7	8,1	00:04	
	255,0	00:06	7	9,4	00:05	
	277,3	00:06	6	9,3	00:04	
	325,0	00:08	6	19,2	00:05	
Média		00:06			00:04	00:10
Caminhão transbordo	Distância percorrida (m)	Tempo de carga (min)	Número de linhas	Consumo combustível (l)	Tempo transbordamento (hm)	Tempo Total(min)
2	276,3	00:05	7	8,6	00:02	
	222,0	00:03	6	6,5	00:03	
	279,3	00:05	6	9,2	00:03	
	274,7	00:04	6	7,9	00:04	
Média		00:04			00:03	00:07
Caminhão transbordo	Distância percorrida (m)	Tempo de carga (min)	Número de linhas	Consumo combustível (l)	Tempo transbordamento (hm)	Tempo Total(min)
3	474,0	00:15	6	29,8	00:04	
	245,5	00:05	7	9,2	00:03	
	609,1	00:14	6	24,7	00:03	
	297,9	00:07	7	11,0	00:03	00:13
Média		00:10			00:03	00:10

Para o Sistema 2, utilizando carretas transbordos ao lado da forrageira e descarga no caminhão graneleiro, o tempo médio de carga de colmos picados pela forrageira é de 10 minutos, como pode ser visto na Tabela 6. Considerando que para encher a carreta graneleira são necessários 4 carretas transbordos, com um tempo médio de 40 minutos, e o tempo de transporte para cumprir todo o percurso, mostrado na Tabela 3, é de 3 horas

e 28 minutos, este Sistema 2 demandaria apenas 5 carretas graneleiras para atender a colheita, no campo.

A Figura 6, abaixo, mostra o resumo da infraestrutura de colheita equilibrada para atender aos 2 sistemas de transporte, na colheita, no estudo de movimento e tempo.

Sistema Colheita Mecânica do Sorgo Biomassa

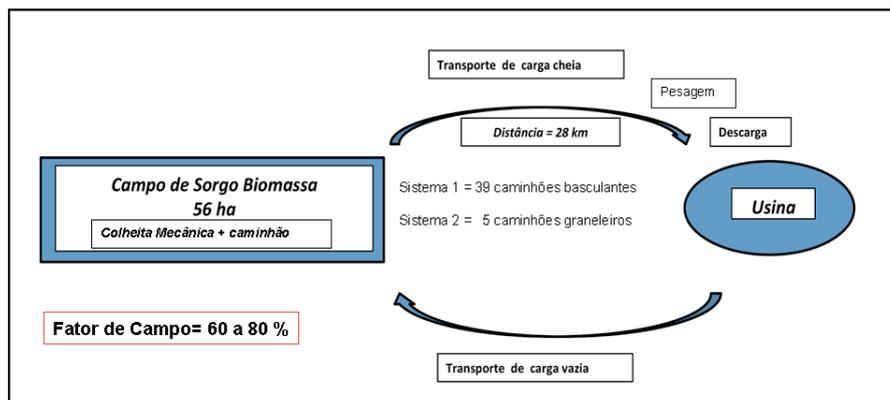


Figura 6. Estudo de movimento e tempo do sistema colheita mecânica do sorgo biomassa com a devida infraestrutura de transporte calculada, para atender a colheita de sorgo biomassa, com a Forrageira CNH FR 9060, na Usina Santa Vitória, na cidade de Santa Vitória-MG, 2014.

Esta otimização, além de ajudar no planejamento da infraestrutura de colheita, permite calcular o número de caminhões de carga necessários para atender ao sistema, sem paralisar a forrageira e a manter uma eficiência de campo dentro dos valores técnicos recomendados para este tipo de colheita, de 60 a 80%.

Os testes começaram com o Sistema 1 e depois, o Sistema 2 foi adicionado, prevalecendo, em razão da maior eficiência

das operações no campo. Para encher uma carreta graneleira, são necessárias quatro cargas de carretas transbordos, o que ocorria próximo ao campo, facilitando muito por causa da rapidez de descarga dos transbordos e reduzindo o tempo de atendimento à forrageira.

Resumo dos resultados da 1ª fase de testes da Forrageira New Holland CNH FR9060

A Forrageira CNH FR 9060 realizou os testes para colheita de sorgo biomassa e mostrou ser um eficiente equipamento, chegando a quase 160 t/h, como uma média de 108,7 t/h.

Ajustes complementares terão que ser feitos para que a eficiência de campo fique dentro dos valores médios aceitáveis para este equipamento, entre 60 e 80%.

O separador de plantas, na frente da máquina, deverá ser redesenhado, para facilitar o trabalho dos rolos horizontais de corte e evitar que as plantas acamem ao lado da linha colhida.

A plataforma precisa ter um anteparo na parte da frente, semelhante ao trabalho do molinete, nas plataformas de grãos, para evitar que a planta tombe em direção da cabine do operador, impedindo a sua visão e embuchamento.

Os testes realizados com a Forrageira CNH FR 9060 e a plataforma Kemper apresentaram um grande potencial para colheita mecânica do sorgo biomassa, mas precisam de algumas modificações que estão descritas acima, para evitar embuchamentos constantes. Neste alto nível de produtividade da cultura, com média de 80 t/ha de matéria seca, a velocidade recomendada pode variar de 2,5 a 3 km/h.

2ª Fase dos Testes

Os resultados alcançados na 1ª fase de testes foram satisfatórios, com a necessidade de realizar os ajustes na plataforma de corte e melhorias no sistema de produção, para resolver os problemas ocorridos no campo. Estas sugestões de melhorias foram discutidas em reuniões com a New Holland, ERB e Embrapa Milho e Sorgo, para promover as modificações, na máquina e no sistema de produção de sorgo biomassa.

Para os testes da 2ª fase, duas modificações foram efetuadas pela New Holland na plataforma de corte da forrageira e são apresentadas a seguir, nas Figuras 7 e 8:

Colocação de dois anteparos ao longo da plataforma, para empurrar a planta para frente, não deixando cair na cabine do operador. A altura e a posição destes anteparos mais a frente podem ser regulados, de acordo com a condição da cultura na colheita

Colocação de dois tubos, depois, substituídos por duas flechas separadoras de linha, na lateral da plataforma, para evitar acamamento durante a passagem da forrageira colhendo. Os tubos separadores de linha podem ser vistos na Figura anterior e foram testados na 2ª fase.



Figura 7. Detalhe dos anteparos colocados na plataforma Kemper para os testes de colheita, na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariuna-SP. Fotos: Evandro C. Mantovani, 2015.



Figura 8. Detalhe dos separadores de linha colocados na Plataforma Kemper para os testes de colheita, na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariuna-SP. Fotos: Evandro C. Mantovani, 2015.

Uma área experimental, de 5 ha, de sorgo biomassa com a cultivar BRS 716, foi plantada com uma população de 120 mil plantas/ha e espaçamento de 0,8 m, para os testes da forrageira com as modificações na plataforma de corte.

Apesar da dificuldade de chuva durante o período de crescimento da cultura, o sorgo biomassa recuperou-se bem ao longo do ciclo e desenvolveu-se adequadamente, permitindo uma lavoura dentro dos padrões técnicos de qualidade para os testes. Os testes ocorreram no início de 2015 e com um teor de umidade de 74,8%, como mostra a Figura 9. Além disso, em um dos terraços desta área, foi feita uma dessacação do sorgo, para estas condições.



Figura 9. Vista da área de testes de sorgo biomassa, na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariuna-SP, 2015. Foto: Evandro C. Mantovani, 2015.

Resultados

Os testes com a Frrageira FR 9060 na área experimental ocorreram no final de março de 2015, como mostra a Figura 10, com um desempenho operacional excepcional, na colheita mecânica do sorgo biomassa, percorrendo toda a extensão da área, com uma eficiência de campo, dentro da recomendação técnica, entre 60 a 80%.



Figura 10. Vista da Frrageira CNH FR9060, colhendo com as modificações: anteparos e separadores de linha, na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariuna-SP, 2015. Foto: Evandro C. Mantovani.

Os testes mostraram um excelente desempenho da frrageira, com poucas paralisações por problemas de embuchamento e somente perda de tempo normais, com as viradas, no final da linhas. Os anteparos funcionaram muito bem, com o superior segurando a planta e evitando o tombamento de plantas na cabine do operador, e o inferior facilitando o tombamento da planta após o corte, para recolhimento pelos rolos, que

puxavam para dentro da máquina. Além disso, com os tubos separadores de linhas, foi possível evitar o acamamento de plantas, na lateral do cabeçote, das fileiras não colhidas. É importante observar que esta cultura estava com um percentual (%) de acamamento e quebra muito baixo e, portanto, permite uma eficiência operacional muito alta, bem próximo da recomendação técnica do fabricante.

As medidas de produtividade realizadas pela Embrapa Milho e Sorgo, em diferentes locais da área experimental, apresentaram uma média de 81,86 t/ha e valores entre 52 a 112,5 t/ha, tendo um manejo de solo muito bom, com plantas vigorosas e sadias, evidenciando um sistema de produção de sorgo biomassa, cultivar BRS 716, com características desejáveis para a colheita mecânica.

Como pode ser evidenciado na Figura 10, acima, a forrageira não permite um corte da planta rente ao solo, ficando de 15 a 20 cm de colmo no campo, em razão da plataforma de corte ter uma caixa de transmissão de engrenagens, na parte de baixo, forçando-a a trabalhar nesta altura em relação ao chão. Outro ponto importante é sobre a velocidade de colheita, que depende muito da produtividade da cultura, por causa da capacidade de a máquina processar e picar toda esta massa, sem embuchamentos constantes. As informações gravadas pela forrageira indicam uma faixa de trabalho adequada de velocidade entre 3,1 a 3,5 km/h, para um nível de produtividade média de 81,86 t/ha, mostradas a seguir, na Tabela 7, mas não incluem os dados de eficiência operacional, em t/h, em razão da falta de uma infraestrutura de transporte e pesagem, que onerava muito os testes, para esta atividade. Entretanto, com os dados da Tabela 7 e os dados de produtividade, coletados

manualmente, em três locais da área, foi possível obter a eficiência operacional para a Forrageira NH FR9060, nos cálculos abaixo.

Tabela 7. Capacidade operacional calculada com os dados gravados pela Forrageira NH FR9060 durante os testes na área experimental, da Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariuna-SP, em março de 2015.

Medições	Tempo de trabalho (minutos)	Distância percorrida (metro)	Consumo de combustível (litros)	Veloc. de trabalho (km/h)	Área colhida (m ²)	Quant. Colhida (t)	Capacidade operacional (t/h)
1	4	200	9,2	3,2	1199,8	9,82	147,32
2	3,26	184,9	6,4	3,6	1109,2	9,08	167,12
3	2,36	140	4,7	3,2	839,9	6,88	174,79
4	4,06	245	7,5	3,5	1469,8	12,03	177,80
5	4,07	215,8	7,3	3,2	1294,6	10,60	156,23
Média	3,55	197,14	7,02	3,34	1182,6	9,68	163,62

Para esta fase de testes, as medidas de eficiência operacional foram calculadas, para saber se as duas modificações na plataforma de corte tiveram efeitos consistentes durante a colheita mecânica do sorgo biomassa, evitando os embuchamentos frequentes.

- Produtividade média do campo: 81,6 t/ha
- Largura da plataforma: 6 m
- Espaçamento entre fileiras: 0,80 m
- Número de linhas colhidas: $6 \text{ m} / 0,80 = 7,5$ linhas
- Área colhida por passada da forrageira: $(7,5 \times 0,8) \times 197,14 = 1.182,84 \text{ m}^2$
- Quantidade colhida em $1.182,84 \text{ m}^2 = (81,86 \text{ t/ha} \times 1.182,84 \text{ m}^2) / 10.000 \text{ m}^2 = 9,68 \text{ t}$
- Eficiência Operacional = $(9,68 \times 60) / 3,55 = 1.63,60 \text{ t/h}$

Como as modificações surtiram efeito, com a forrageira tendo um desempenho operacional adequado, nesta 2ª fase, as medições de campo foram programadas para ocorrer em uma área comercial, na 3ª fase, na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP. Desta forma, foi possível realizar testes de longa duração, em condições similares às de uma operação de colheita mecânica, normalmente realizadas pelo agricultor.

3ª Fase de Testes

A 3ª fase de testes ocorreu em uma área de produção, de 52 ha, da Usina Rio Vermelho, na cidade de Dracena-SP. A metodologia utilizada foi a mesma da 1ª fase, acrescido da determinação da eficiência de campo, para saber se a forrageira estava trabalhando dentro das recomendações técnicas, com um aproveitamento de 60 a 80% do tempo de colheita. Da mesma forma, as planilha de campo foram distribuídas para os operadores dos equipamentos, visando obtenção dos dados da forrageira, carretas transbordos, caminhões graneleiros, tempo de descarga nos caminhões graneleiros, transporte da carga até a balança, tempo de pesagem, tempo de descarga no pátio e retorno vazio até o campo. Sendo assim, aplicamos o estudo de movimento e tempo foi novamente aplicado, para avaliar o desempenho operacional da Forrageira CNH FR 9060, na condição de uma colheita, em uma área de produção comercial do sorgo biomassa.

Área de testes

- Área comercial de 52 ha, de sorgo biomassa.
- Local: na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP.

- Descrição: Área em declive, com terraços, com as linhas plantadas em nível e corredores longos, com trechos frequentes de erosão e com muito acamamento de plantas.
- Cultivar utilizada: Híbrido BRS 716.
- Fileiras de plantas, espaçadas de 0,70 m de largura, com uma população de 140 mil plantas/ha.
- Teor de umidade de colheita: 60%, visando obter material picado próximo ao ponto de queima.

Os testes de campo da Forrageira 9060 de capacidade operacional foram realizados utilizando-se duas plataformas de colheita, Kemper e Marangom, visando obter resultados comparativos, principalmente de colheita de colmo rente ao solo. São duas plataformas de colheitas bem distintas que estão disponíveis no mercado, para trabalhar com a forrageira, mas que apresentam resultados similares de desempenho, de acordo com os representantes da empresa CNH. A primeira fase foi toda feita com a plataforma Kemper, que apresenta as seguintes características:

Características Técnicas da Forrageira New Holland CNH FR 9060 + Plataforma Kemper

- Forrageira autopropelida
- Potência: 500 HP
- Plataforma Kemper
- Largura de corte : 6m
- Velocidade de trabalho: 2,5 a 6 km/h
- Capacidade operacional: 140 a 160 t/h
- Descarga de forragem: 180°

Testes de Campo

Os testes foram realizados em uma área da cultura, que teve aplicação de um dessecante, para forçar a secagem mais rápida da umidade

Duas plataformas de corte foram testadas: Kemper e Marangon, com a mesma largura de corte, mas com altura de corte diferentes, permitindo trabalhar com a segunda, no nível do solo.

Nesta primeira etapa dos testes trabalhamos com a plataforma Kemper, por causa dos bons resultados ocorridos na 2ª fase, em Jaguariuna-SP.

Os testes de eficiência de colheita com a forrageira autopropelida CNH FR9060 foram realizados para se conhecer os coeficientes técnicos, que servirão de referência para a colheita mecânica do sorgo biomassa, como:

- capacidade operacional, t/h;
- velocidade de trabalho, km/h;
- consumo de combustível, l/h;
- eficiência de campo, %

Um estudo de movimento e tempo foi novamente aplicado para se conhecer a capacidade operacional da forrageira no campo e de toda a infraestrutura de transporte envolvida, para a retirada do material colhido do campo.

Para a coleta dos dados de campo, o protocolo mencionado na 1ª fase foi seguido, durante os testes de colheita mecânica com a Forrageira autopropelida CNH FR9060, em sorgo biomassa.

Resultados da Produtividade da Área de Sorgo Biomassa

Os resultados coletados pela forrageira durante a colheita mecânica, do sorgo biomassa, foram obtidos em diferentes pontos da área de 52 ha, evidenciando bastante a irregularidade de produção (Tabela 8 e Figura 11). Com uma produtividade média de 31,67 t/ha de massa seca, a produção de sorgo biomassa nessa área teve uma variação entre 23 a 42,77 t/ha, com uma percentagem alta de plantas acamadas, ficando bem abaixo do potencial produtivo deste híbrido. Mesmo com a aplicação do dessecante, o teor de umidade na colheita de 60%, ficou bem próximo da área que não foi dessecada, que indicava um teor de umidade de 63%, com uma diferença de apenas 3% de umidade, o que não caracterizava matéria seca.

Além disso, os dados da Tabela 8 e da Figura 12 mostram as medições de campo, durante 12 períodos de carga das carretas transbordos, de capacidade de 8 t, colhendo sorgo biomassa. Com uma velocidade média de 3,5 km/h, a forrageira gastava em média 8,8 minutos para encher as carretas transbordos, com matéria seca, com 61% de umidade, tendo um consumo médio de combustível diesel de 14,6 l, o que equivale a 100,5 l/h e uma eficiência operacional média de 55 t/h.

Tabela 8. Resultados da avaliação de campo da produtividade e capacidade operacional durante a colheita mecânica do sorgo biomassa, cultivar BRS 716, com a Forrageira CNH FR9060, utilizando-se a plataforma Kemper, na Usina Rio Vermelho, Dracena-SP. 2015.

Medições	Veloc. (km/h)	Consumo (l)	Percurso (m)	Termo de Carga (min)	Produtividade (t/ha)	Capac. Operacional (t/h)	Consumo (l/h)
1	2,9	11,7	334	8	42,77	60	87,8
2	3,2	16	540	7	26,46	69	137,1
3	3,7	17,5	600	8	23,81	60	131,3
4	3,5	13,7	448	10	31,89	48	82,2
5	3,8	15,4	416	8	34,34	60	115,5
6	3,7	11	334	10	42,77	48	66,0
7	3,5	14,2	593	9	24,09	53	94,8
8	3,7	15,8	428	9	33,38	53	105,3
9	3	13,5	389	9	36,72	53	90,0
10	3,8	14,3	489	9	29,21	53	95,3
11	3,4	14,5	453	10	31,54	48	87,0
12	3,5	17	621	9	23,00	53	113,3
Média	3,5	14,6	470,4	8,8	31,67	55	100,5

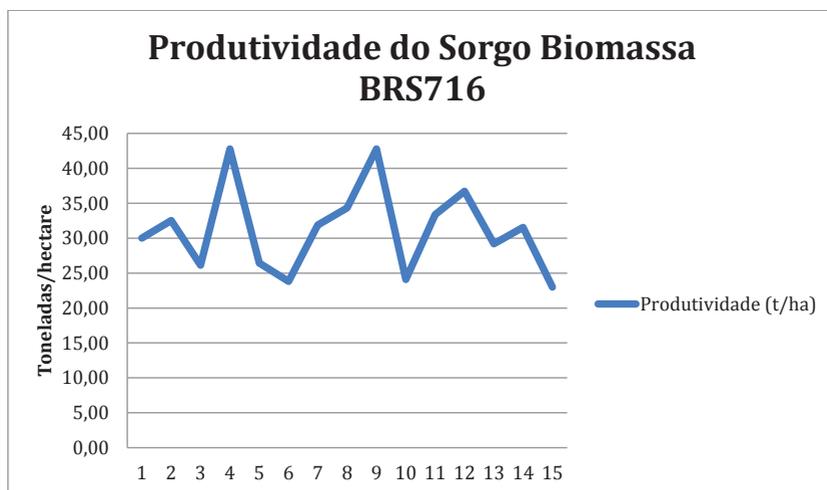


Figura 11. Dados de produtividade coletado pela Forrageira, em diferentes locais da área de sorgo biomassa, durante a colheita, na Usina Rio Vermelho, Dracena, SP, 2015.

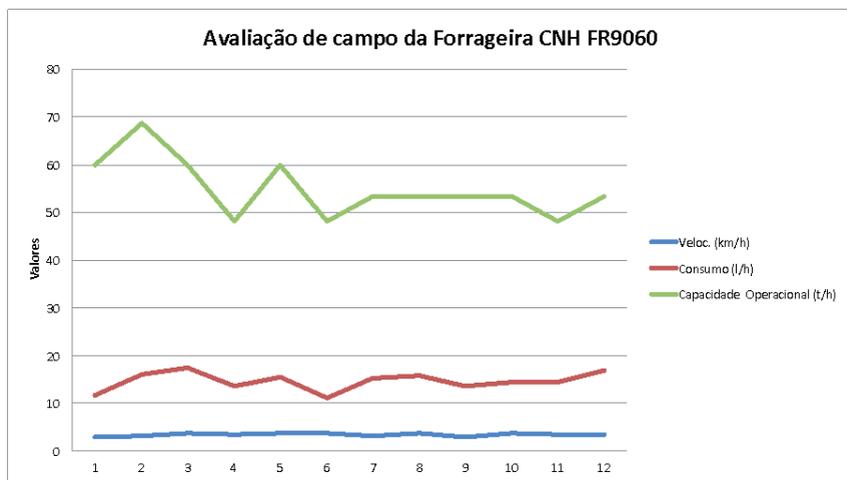


Figura 12. Curva de Capacidade Operacional (t/h), consumo de combustível (l/h) e velocidade de colheita (km/h), da Forrageira auto propelida CNH FR9060, colhendo Sorgo Biomassa, na Usina Rio Vermelho, em Dracena, SP. 27 a 30/04/ 2015.

Resultados da Eficiência Operacional em Dois Locais de Testes

Os resultados da eficiência operacional da Forrageira CNH FR9060, com a plataforma Kemper, durante a colheita mecânica do sorgo biomassa, em Santa Vitória, MG e Dracena-SP, são apresentadas abaixo, na Tabela 9 e Figura 13:

Em relação à capacidade operacional, na Figura 13, a forrageira teve um desempenho médio de 55 t/h, colhendo sorgo biomassa, que foi dessecado, com uma variação de 48 a 69 t/h. Esta máquina teve muita dificuldade para colher o sorgo biomassa, em determinadas áreas da lavoura, com muitas plantas acamadas, com paralisações frequentes para desembuchar a plataforma de colheita. Da mesma forma,

esta dificuldade foi apresentada durante a colheita na Usina Santa Vitória, em Santa Vitória-MG, mas com uma capacidade operacional muito maior, com valores variando entre 71,32 a 155,9 t/h e uma média de 108,5 t/h, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9. Capacidade Operacional (t/h), da Forrageira CNH FR9060 em dois locais de colheita

Dados	Local 1 -2014	Local 2 - 2015
1	71,3	60
2	127,2	68,6
3	155,9	60
4	137,4	48
5	77,5	60
6	81,5	48
7	-	53,3
8	-	53,3
9	-	53,3
10	-	53,3
11	-	48
12	-	53,3
Média	108,5	54,9

Local 1: Usina Santa Vitória - Santa Vitória-MG □ 2014

Local 2: Usina Rio Vermelho - Dracena-SP- 2015

As duas lavouras, tanto em Santa Vitória quanto em Dracena, apresentaram problemas de acamamento de plantas e de solos com deficiência de preparo, com muitos buracos, ocasionados por erosão, dificultando o trabalho da forrageira. A única diferença que os dois locais apresentaram foi que em Santa Vitória os corredores das linhas de sorgo biomassa eram em linha reta e em Dracena, em curva de nível. Entretanto, a forrageira não conseguia colher utilizando toda a largura da plataforma de 6 metros, na área da Usina Santa Vitória, e o total de linhas colhidas era de somente 6, e na área da Usina Rio Vermelho, com as modificações realizadas na plataforma, permitiu a colheita de 8 linhas. Portanto, a diferença de

capacidade operacional mostrado na Figura 13, entre as duas épocas de colheita, pode estar relacionada à produtividade das áreas de produção Figura 13.

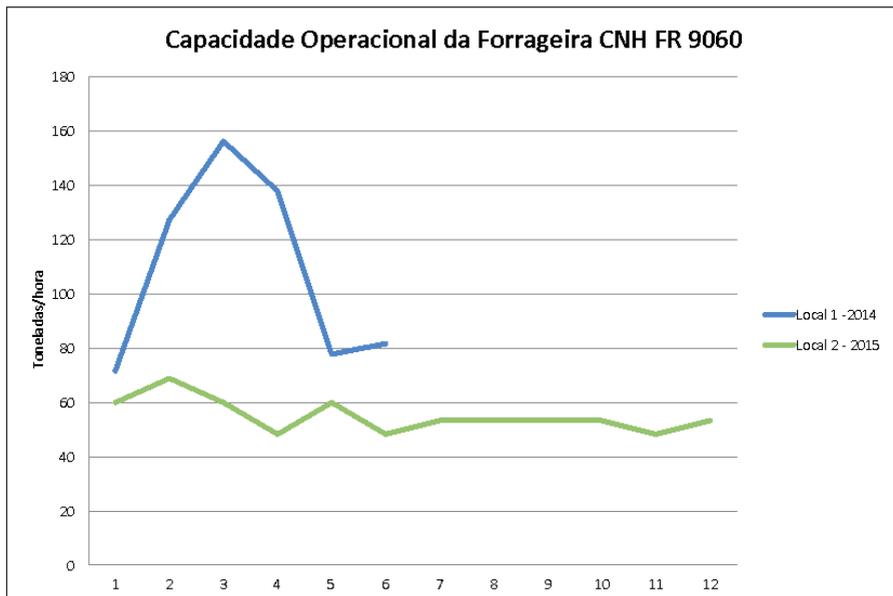


Figura 13. Curva de Eficiência de Operacional por Capacidade Operacional.

Resultado das Medições da Eficiência de Campo

As medições de campo para a determinação da Eficiência de Campo foram obtidas no 3º dia de colheita, quando o operador da Forrageira já estava com experiência e expertise necessária para trabalhar nas condições da área de sorgo biomassa. Foram coletados os tempos de todo o trabalho com a Forrageira, com as paradas para desembuchar a plataforma de corte e

nas viradas, nas extremidades do campo, durante 6 percursos completos, como mostra a Tabela 10.

Tabela 10. Determinação do Eficiência de Campo com a Forrageira CNH FR9060, colhendo sorgo biomassa, na Usina Rio Vermelho, Dracena, SP. 2015.

Medições	Início da colheita (hora)	Final da colheita (hora)	Tempo total (minutos)	Tempo de colheita (minutos)	Tempo total de paradas e viradas (minutos)	Eficiência de campo (%)
6	08:45	11:00	135	106,59	28,41	73,35

Para ilustrar a utilidade desta determinação, a fórmula abaixo indica a importância desta eficiência para os trabalhos com máquinas e equipamentos agrícolas:

$$\text{Capacidade Efetiva de Trabalho, } \frac{\text{ha}}{\text{h}} = \frac{\text{Velocidade } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \times \text{Largura (m)} \times \text{Eficiência de Campo}}{10.000 \text{ m}^2}$$

Normalmente, a capacidade de trabalho é medida em ha/h, entretanto, no caso da colheita, o valor é expresso em t/h, em razão das diferenças de produtividades dos campos de produção. Os valores para eficiência de campo, para as diferentes operações, são em %, e indicam a verdadeira eficiência da operação, durante o trabalho executado, descontando o tempo de desperdício: nas manobras, embuchamento, abastecimento do trator ou equipamento, descarga de grãos, etc. Para os cálculos de capacidade de trabalho são utilizados valores médios da eficiência de campo, recomendados pela literatura. Entretanto, para esta avaliação, a prioridade para os testes de eficiência de colheita foi para se conhecer a capacidade operacional da forrageira, em t/h, e os respectivos coeficientes técnicos, que servirão de referência para a colheita mecânica do sorgo biomassa, como: velocidade

de trabalho, km/h; consumo de combustível, l/h e eficiência de campo.

De acordo com Hunt (2001), os valores médios da eficiência de campo recomendáveis para a colheita mecânica estão entre 63 e 81%, com velocidade de operação entre 3 a 6 km/h, ou, em outras palavras, 20 a 30% de tempo perdido em manobras, desembuchamento, consertos, entre outros, indicando que a forrageira está dentro dos valores médios aceitáveis para executar a tarefa. Desta forma, pode-se dizer que esta máquina trabalhou dentro dos coeficientes recomendados, com uma eficiência de campo de 73,35%, a uma velocidade média de 3,5 km/h. Além disso, comprova que mesmo com as constantes paradas para desembuchar a plataforma, nos locais de grande acamamento, a forrageira teve um desempenho adequado, dentro dos valores permitidos de eficiência de campo. Este resultado mostra o potencial desta máquina para colheita do sorgo biomassa, podendo alcançar valores de eficiência próximos de 81%, limite superior recomendado, em áreas com a cultura do sorgo bem desenvolvida e com características ergonômicas das plantas bem eretas e com baixo índice de tombamento.

Resultado do Estudo de Movimento e Tempo

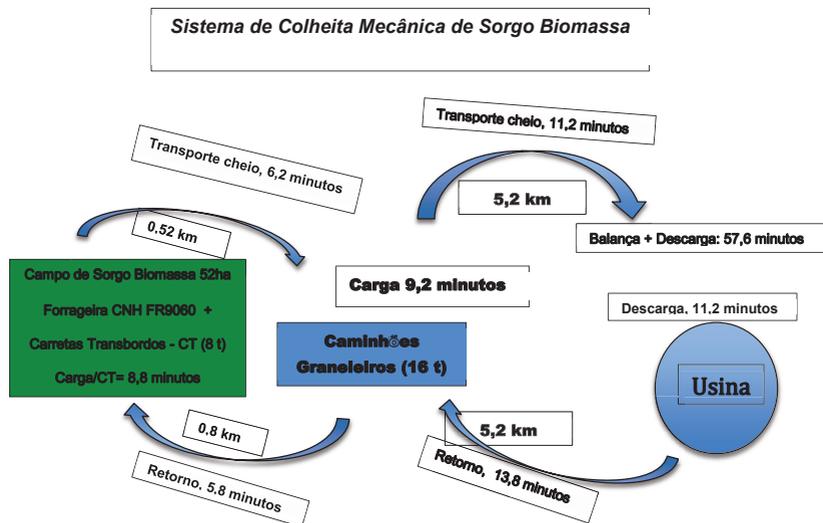
A infraestrutura para transporte do material colhido foi mais organizada na Usina Rio Vermelho, o que evitou longas paradas da forrageira, por falta de caminhões de carga. Nesta Usina, o sistema de carretas transbordos, com 3 unidades de 8 t, cada uma, foi utilizado, e próximo do campo, um caminhão graneleiro aguardava parado o material colhido pela máquina. Cada caminhão graneleiro apresentava uma capacidade grande,

de 16 t, demandando quatro cargas de carretas transbordos para encher a carga completa.

Os resultados de estudo de movimento e tempo, da área de sorgo biomassa, da Usina Rio Vermelho, são apresentados a seguir, na Tabela 11 e Figura 14.

Tabela 11. Dados de tempo das carretas transbordos e graneleiras para realizar as diferentes operações, na Usina Rio Vermelho, na cidade de Dracena-SP. 27 a 30/05/2015.

Medições	Tempo das diferentes operações com os caminhões Transbordo (minutos)				Tempo com as diferentes operações com os caminhões Graneleiros (minutos)		
	Para carga parcial	Transporte no campo	Descarga de caminhão	Retorno vazio para o campo	Tempo de transporte até a balança	Tempo de pesagem + descarga no pátio	Tempo de retorno vazio
1	8	7	5	7	16		13
2	7	7	6	7	22	72	15
3	8	8	7	6	9	77	17
4	10	6	5	5	7	38	10
5	8	6	4	12	14	40	17
6	14	6	4	5	13	46	12
7	9	5	3	8	14	54	15
8	9	7	8	7	13	81	13
9	9	6	6	6	14	84	11
10	9	6	6	-	16	55	15
11	10	6	7	-	16	66	-
12	9	6	6	-	20	54	-
13	-	6	7	-	-	41	-
14	-	5	5	-	-	58	-
Média	9,2	6,2	5,6	6,8	14,5	57,68	13,8



Eficiência de Campo = 73,35%

Figura 14. Estudo de movimento e tempo do sistema colheita mecânica do sorgo biomassa com a devida infraestrutura de transporte calculada, para atender a colheita de sorgo biomassa, com a Forrageira CNH FR 9060, na Usina Rio Vermelho, na cidade de Dracena-SP, 2015.

Analisando os dados acima, da Tabela 14, de colheita mecânica, tempos de cargas dos caminhões e as distâncias percorridas, permite-se avaliar se o sistema está equilibrado, a ponto de não prejudicar o trabalho da forrageira, com os seguintes resultados, a seguir:

Carretas Transbordos (8 t):

Tempo para a forrageira encher as carretas transbordos, de 8 t:
8,8 minutos

Tempo para as carretas transbordos ir até os caminhões graneleiros: 6,2 minutos
Tempo de descarga das carretas transbordos no caminhão graneleiro: 4,6 minutos
Tempo de retorno ao campo das carretas transbordos vazias: 5,8 minutos
Tempo total de transporte cheio, vazio e descarga: 17,6 minutos

Caminhões Graneleiros (16 t):

Tempo de carga dos caminhões graneleiros: ,9,2 minutos
Tempo de deslocamento até a balança: 11,2 minutos
Tempo de pesagem + descarga no pátio: 57,6 minutos
Tempo de retorno dos caminhão graneleiros vazios ao campo: 13,8 minutos
Tempo total de transporte cheio, vazio, pesagem e descarga no pátio: 92,4 minutos = 1,54 h

Para atender à colheita mecânica do sorgo biomassa foram disponibilizados três Carretas Transbordos, de 8 t, (Figura 15) e três Caminhões Graneleiros, de 16 t (Figura 16). De acordo com os cálculos acima, o sistema de suporte à colheita estava equilibrado, pois o tempo para cada Carreta Transbordo encher era de 8,8 minutos e para retirar a carga do campo, o dobro do tempo, 18,6 minutos, e portanto, com três carretas, sempre tinha uma disponível e a Forrageira não parava de colher, o que permitiu uma eficiência de campo, de 73,35%.



Figura 15. Vista da Carreta Transbordo, ao lado da Forrageira CNH FR9060, recebendo a carga de colmos picados. Usina Rio Vermelho, Dracena-SP. Foto: Evandro Chartuni Mantovani, 2015.

A área de colheita ficava localizada a 5,1 km do pátio da usina e as atividades de transporte de carga, pesagem, descarga e retorno ao campo, demandavam um tempo médio total de 1,20 h, comprometendo o sistema de carretas transbordos, porque a cada 11,2 minutos um caminhão estava cheio para realizar este trajeto. Neste caso, o sistema de transporte de carga fica estrangulado, por falta caminhões graneleiros para serem carregados pelas carretas transbordos, que estão retornando do pátio da usina, e parando a colheita.

Naturalmente, que os tempos gastos para pesagem e descarga no pátio, de 57,6 minutos, estão comprometendo o tempo total, 80 minutos, mas refletindo a realidade atual, exigindo uma reavaliação destas atividades, para não parar a colheita. Para este sistema atual não parar a forrageira, há necessidade

de oito caminhões graneleiros, aumentando muito o custo de transporte do material colhido.



Figura 16. Vista da carreta transbordo descarregando o material colhido no caminhão graneleiro. Usina Rio Vermelho, Dracena-SP, 2015. Foto: Evandro C. Mantovani.

Portanto, este estudo de movimento e tempo é eficiente para resolver estes estrangulamentos do sistema e para permitir soluções mais eficientes e econômicas para otimização de diferentes sistemas, semelhantes a este. Na maioria das vezes, a infraestrutura de transporte é sub ou superestimada e o equilíbrio do sistema é feito através de tentativa e erro, ajustando ao longo do dia os acertos, causando prejuízos ao trabalho da máquina de colheita, com frequentes interrupções do trabalho, por falta de caminhões ou carretas de carga e onerando o sistema.

Para finalizar os testes, foi possível conhecer o desempenho da Frrageira CNH FR9060, com a plataforma Marangom, mostrada na Figura 17, que tem possibilidade de colher o sorgo biomassa bem rente ao solo e com a mesma largura de corte da plataforma Kemper. Os dados obtidos são somente os de desempenho operacional da Frrageira CNH FR9060, utilizando a plataforma Marangom para a colheita do sorgo biomassa, nas mesmas condições de campo em que foram coletados os dados com a plataforma Kemper. Outro ponto importante a esclarecer é o fato de que do cálculo da capacidade operacional, t/h, foi realizado com os dados de produtividade de 85 t/ha, aferidos pela Embrapa Milho e Sorgo, em diferentes pontos de coleta do campo, e os dados operacionais foram gravados pelo “data logger” da Frrageira CNH FR 9060, de distância percorrida (m), tempo gasto (min) e consumo de combustível (l/h). Dessa forma, a Tabela 12 e a Figura 18 permitem uma análise da Frrageira CNH FR9060 com a plataforma de corte Marangom, para colheita mecânica do sorgo biomassa.

Características Técnicas da Frrageira New Holland CNH FR 9060 + Plataforma Marangom

- Frrageira autopropelida
- Potência: 500 HP
- Plataforma Marangom
- Largura de corte : 6m
- Capacidade operacional: 140 a 160 t/h
- Descarga de forragem: 180°



Figura 17. Vista da plataforma Marangon, acoplada à Forrageira New Holland CNH FR9060, na Usina Rio Veremelho, Dracena-SP, 2015. Foto: Evandro Chartuni Mantovani.

A avaliação de campo da Forrageira CNH FR9060, com a plataforma Marangon, para colheita de sorgo biomassa apresenta uma capacidade operacional média de 134 t/h, com valores variando de 119 a 157 t/h, e um consumo médio de combustível de 104 l/h, com valores variando de 97 a 124 l/h. Da mesma forma que estes dados foram calculados, pode-se fazer um comparativo com o desempenho operacional e de consumo de combustível, das plataformas Kemper e Marangon, mostrado a seguir, nas Figuras 19 e 20 Os resultados indicam uma ligeira vantagem de capacidade operacional, quando a Forrageira CNH FR9060 trabalha com a plataforma Kemper, de 21,57%, com valores médios de 171,6 t/h, com valores entre 161, 5 a 182,8 t/h. Da mesma forma, com a utilização da plataforma Kemper, o consumo aumentou 7,15%, com valores médios 111,7 l/h, com valores entre 98,5 a 123,6 l/h.

Tabela 12. Dados de capacidade operacional da Forrageira NH FR9060, com a plataforma Marangom, de eficiência operacional, durante a colheita do sorgo biomassa, na Usina Rio Vermelho, Dracena-SP, 2015.

Data	Distância percorrida (m)	Consumo de combustível (l)	Carga do motor (%)	Velocidade média (Km/h)	Tempo (min)	Produtividade de (t/ha)	Distância percorrida (m)	Carga (t)		Consumo de combustível (l/h)	
								Teórica	Real	Teórica	Real
28/04/2015 412	13,5	92	3,1	8,0	85	2000	17,5	132	102	0,77	
28/04/2015 479	14,4	92,4	3,4	8,5	85	2000	20,4	145	102	0,71	
28/04/2015 520	20,2	91,4	3,2	9,8	85	2000	22,1	136	124	0,91	
28/04/2015 428	13,4	94,4	3,2	8,0	85	2000	18,2	136	100	0,74	
28/04/2015 452	16,2	93	2,9	9,4	85	2000	19,2	123	104	0,84	
28/04/2015 584	17,3	93,5	3,5	10,0	85	2000	24,8	149	104	0,70	
28/04/2015 401	14,4	96,8	2,9	8,3	85	2000	17,0	123	104	0,84	
28/04/2015 439	14,6	91,9	3,2	8,2	85	2000	18,7	136	106	0,78	
28/04/2015 426	13,4	97,6	3,2	8,0	85	2000	18,1	136	101	0,74	
28/04/2015 547	22,6	85,4	2,8	11,7	85	2000	23,3	119	116	0,97	
28/04/2015 526	16	80,8	3	10,5	85	2000	22,4	128	91	0,72	
28/04/2015 602	22,4	82,1	2,8	12,9	85	2000	25,6	119	104	0,88	
28/04/2015 541	15,5	86,9	3,4	9,5	85	2000	23,0	145	97	0,67	
28/04/2015 536	14,2	89,3	3,7	8,7	85	2000	22,8	157	98	0,62	
28/04/2015 632	20,8	83,2	3,1	12,2	85	2000	26,9	132	102	0,77	
Média	502	16,6,	90,0	3,2	9,6	85	21,3	134	104	0,78	

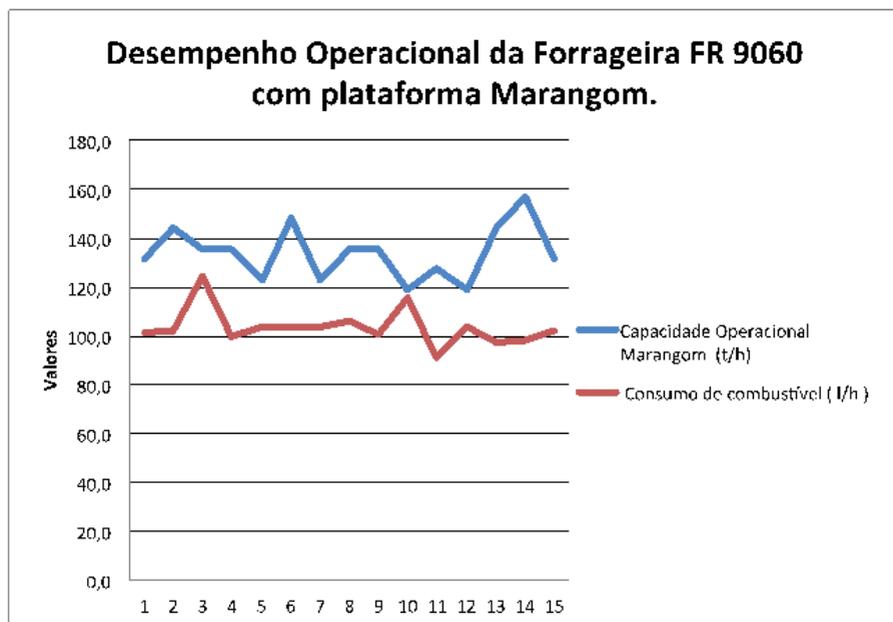


Figura 18. Resultados da avaliação operacional da Forrageira CNH FR9060, colhendo sorgo biomassa com a plataforma Marangom, na Usina Rio Vermelho, em Dracena, SP, 2015.

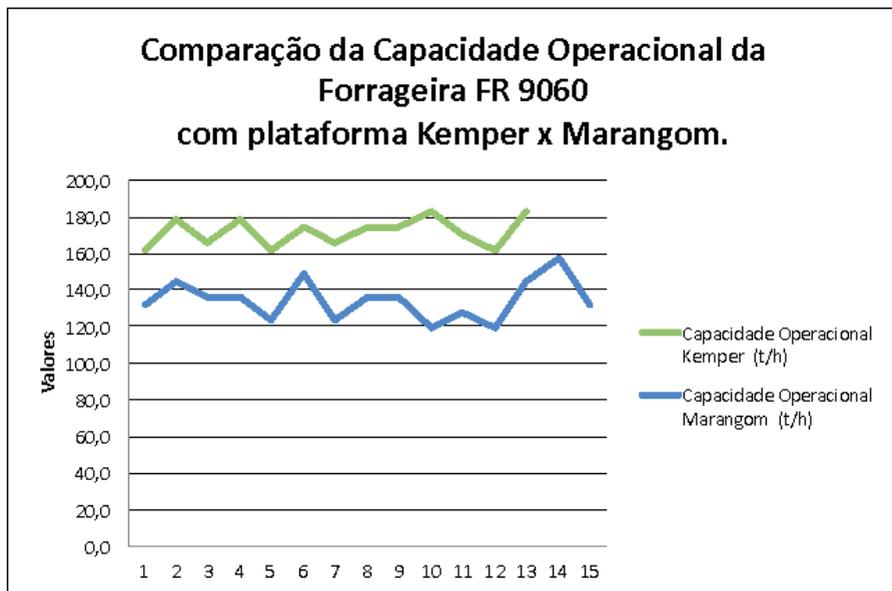


Figura 19. Curvas comparativas de capacidade operacional, t/h, da Forrageira CNH FR9060, com as duas plataformas de colheita Kemper e Marangom, na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP, 2015.

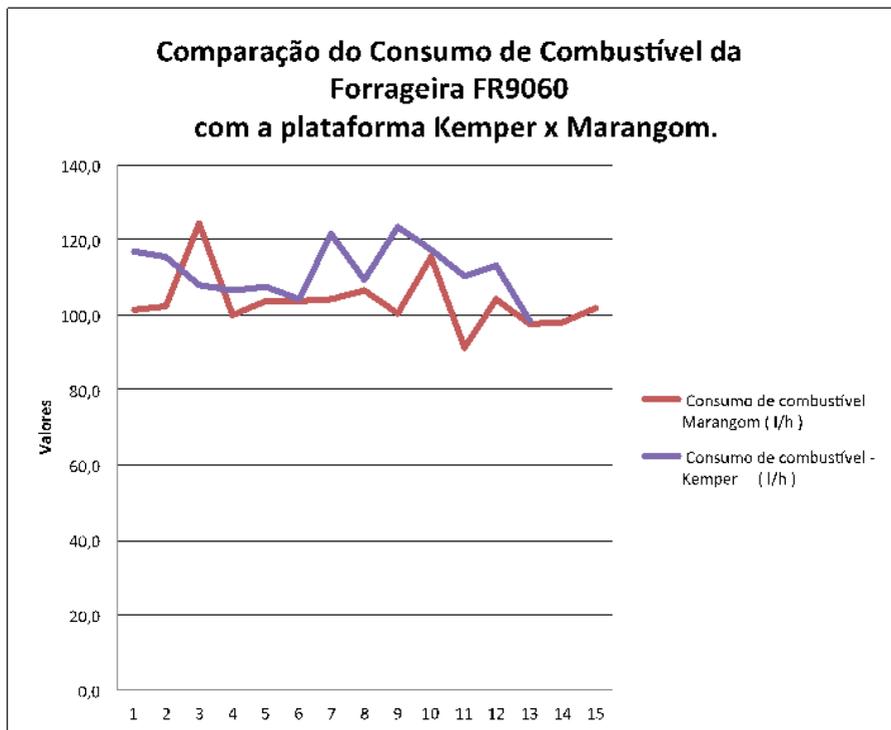


Figura 20. Curvas comparativas de consumo de combustível, t/h, da Forrageira CNH FR9060, com as duas plataformas de colheita Kemper e Marangom, na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP, 2015.

Entretanto, mesmo com esta redução de 21,5% na capacidade operacional, da plataforma Marangom, ela conseguiu colher o sorgo biomassa bem rente ao solo, reduzindo a grande perda que a plataforma Kemper ocasiona, por ter que trabalhar a mais ou menos entre 15 e 20 cm do solo por causa de uma caixa de transmissão de engrenagens, na parte de baixo, o que deixa na área colmos cortados nesta mesma altura, mencionado anteriormente. Além da perda, este material pode ocasionar problemas sérios, para os equipamentos que transitam na área,

por serem muito duros e pontiagudos, furando facilmente os pneus, como mostra a Figura 21.

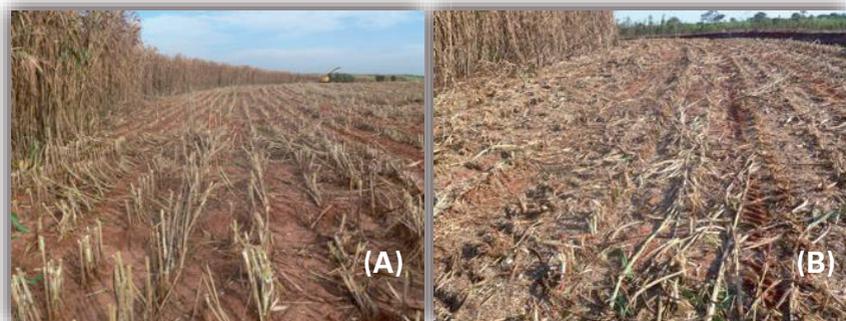


Figura 21. Vista do campo, após a colheita com as duas plataformas, Kemper (A) e Marangom (B), na Usina Rio Vermelho, em Dracena-SP, 2015.

De qualquer forma, as duas plataformas avaliadas permitem ser utilizadas para a colheita de sorgo biomassa para produção de energia elétrica e, agora, com as informações necessárias dos equipamentos disponíveis no mercado.

Conclusões dos Testes

Baseado nos três testes de campo, as seguintes conclusões podem ser tiradas:

A Forrageira da New Holland, FR 9060, com a plataforma Kemper, mostrou ser eficiente para colheita mecânica de sorgo biomassa.

A eficiência de campo da forrageira medida durante o trabalho de colheita mecânica é de 73,6%, e está de acordo com a recomendação técnica.

A plataforma de colheita Kemper não mostrou ser eficiente para recolher plantas acamadas e quebradas, o que ocasionou perdas consideráveis de plantas.

A forrageira, com a plataforma Kemper, não permite um corte da planta rente ao solo, ficando de 15 a 20 cm de colmo no campo, em razão da plataforma de corte ter uma caixa de transmissão de engrenagens, na parte de baixo, forçando-a a trabalhar nesta altura em relação ao chão.

A melhor faixa de velocidade de trabalho para colheita de sorgo biomassa com produtividade acima de 40 t de massa seca é de 3 a 3,5 km/h.

A média de consumo horário de diesel, da forrageira, com a plataforma Kemper, trabalhando na velocidade média de 3,5 km/h e produtividade média de 31,67 t/h, de massa seca, foi de 100,5 l/h.

As modificações realizadas na plataforma Kemper, com a colocação de dois anteparos, sendo o primeiro para segurar a planta para o corte, evitando tombamento em cima da cabine do operador, e o segundo, para ajudar no direcionamento da planta para o disco de corte, foram bem eficientes e aprovadas nos testes.

A colocação de um separador de linhas, tipo flecha, em cada lado da plataforma, para evitar acamamento durante a passagem da forrageira colhendo, foi eficiente e evitou tombamento de plantas.

A Forrageira da New Holland, FR 9060, com a plataforma Marangom, mostrou ser eficiente para realizar a colheita mecânica de sorgo biomassa, rente ao solo e evitar perdas de colmo.

A avaliação operacional entre as duas plataformas mostrou que a plataforma Kemper apresentou uma capacidade operacional média de 22,15%, maior que a Marangom.

O estudo de movimento e tempo mostrou ser importante para as usinas planejar a quantidade de caminhões ou carretas de transporte de colmos e otimizar os estrangulamentos das diferentes tarefas para atender o sistema de colheita e minimizar perda de tempo no trabalho dos equipamentos de colheita.

Para que a forrageira realize o trabalho de colheita mecânica com maior eficiência operacional, o sistema de produção de sorgo biomassa deverá ter um manejo de solo adequado e linhas de plantas contínuas, com uma percentagem mínima de acamamento e quebra. Em todas as áreas onde a cultura estava com estas características, a máquina conseguiu desenvolver uma eficiência próxima da recomendação do fabricante, entre 140 a 160 t/h.

Referências

BANCHI, A. D.; LOPES, J. R.; MARTINS, J. M. S.; DIMASE, M. Capacidade operacional decolhedoras de cana-de-açúcar: modelagem matemática em função da produtividade agrícola e da vida da máquina. **Revista AgriMotor** , p. 42-45, ago. 2012.

HUNT, D. Farm power and machinery management. 10th ed. Ames: Iowa State Press, 2001.

MAY, A.; DURAES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 118 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MANTOVANI, E. C.; MAY, A.; SILVA, J. R. da; MOREIRA, C. A. Colheita. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sorgo**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap. 11, p. 266-275.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE - 12873