

**NOTA TÉCNICA:****DESEMPENHO OPERACIONAL DE COLHEDORA DE ALGODÃO COM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO DE MÓDULO EMBARCADO**

William Lima Crisostomo¹, Renildo Luiz Mion², Myllena Teixeira Martins³, Carlos Alberto Viliotti⁴ & Luiza Rodrigues Cabral Da Silva⁵

1 - Engenheiro Agrônomo, MSc. Em Engenharia Agrícola – CUR/UFMT, Rondonópolis – MT, williamwlc@gmail.com

2 - Engenheiro Agrícola, Prof. Engenharia Agrícola – CUR/UFMT, Rondonópolis – MT, renildomion@gmail.com

3 - Engenheiro Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola – CUR/UFMT, Rondonópolis – MT, my-teixeira@hotmail.com

4 - Engenheiro Agrícola, Prof. Engenharia Agrícola – CUR/UFMT, Rondonópolis – MT, cmagrao@gmail.com

5 - Engenheiro Agrícola, CUR/UFMT, Rondonópolis – MT, luiza.cabral@live.com

Palavras-chave:

colheita de algodão
eficiência
desempenho operacional

RESUMO

A cadeia produtiva do algodão é uma importante cultura dentro do estado do Mato Grosso e a constante evolução tecnológica dentro da agricultura trouxe aos agricultores novas opções de máquinas agrícolas, com capacidade de executar múltiplas funções simultaneamente, trazendo maior eficiência ao processo produtivo da fibra. Com o conhecimento do rendimento de tais máquinas a campo, o produtor tem uma importante informação para o adequado dimensionamento do parque de máquinas, dado o momento da colheita, a fim de realizar a atividade dentro de período de tempo hábil. O presente trabalho teve como objetivo mensurar com maior fidelidade os índices operacionais que tais máquinas atingem em lavoura comercial de algodão no estado do Mato Grosso, levantando valores referentes à capacidade de campo operacional, capacidade de campo efetiva, eficiência de campo, eficiência operacional e consumo de combustível, resultando em valores de 60%, 67% e 20,3 L ha⁻¹ colhido, respectivamente.

Keywords:

cotton harvest
efficiency
operational performance

OPERATIONAL PERFORMANCE OF COTTON HARVESTER WITH BUILDING SYSTEM OF EMBEDDED MODULE**ABSTRACT**

The productive chain of cotton is an important crop in the state of Mato Grosso. The constant technological evolution within agriculture has brought to the farmers new options of agricultural machines with the capacity to perform multiple functions simultaneously, bringing greater efficiency to the productive process of the fiber. It is important that the producer know the yield of such machines in the field, so it is possible to obtain an adequate sizing of the machine park, given the time of the harvest, in order to carry out the activity within a period of time. The aim of this study was to measure the operational indexes that these machines achieve in commercial cotton farming in the state of Mato Grosso. It was raised values referring to the operational and effective field capacity, as well as field efficiency, operational efficiency and fuel's consumption, resulting in values of 60%, 67% and 20.3 L ha⁻¹ harvested, respectively.

INTRODUÇÃO

A constante evolução tecnológica das grandes culturas implementadas no meio agrícola brasileiro tem influenciado fortemente no planejamento e execução das atividades, desde o preparo da área para o plantio até o momento da venda do produto final. Na colheita do algodão em caroço, que é uma commodity agrícola, não é diferente, diversas evoluções ocorrem constantemente com o objetivo de elevar a produtividade, reduzir custos e preservar a qualidade da fibra construída durante a condução da cultura no campo (PARVIN, 2004).

A eficiência das atividades agrícolas é amplamente ditada pelas economias de escala, o que significa que vantagens significativas de custo são obtidas, aumentando o tamanho e a velocidade das operações (RICKARD, 2006).

A capacidade efetiva é derivada da eficiência de campo e da velocidade de avanço, e parece ser o parâmetro sobre o qual a mecanização teve o maior efeito. A eficiência da máquina e a automação do processo são os principais requisitos para aumentar a capacidade efetiva das máquinas. Os benefícios diretos sobre a produtividade também exercem efeitos latentes no sistema, como aqueles relacionados à diminuição da disponibilidade da força de trabalho, questões relacionadas à saúde, segurança e possíveis impactos no capital social em escala regional. (BENNETT, 2015; SALASSI, 2015).

A eficiência operacional é uma importante ferramenta para os agricultores, permitindo dimensionar seu parque de máquinas, a fim de efetuar a colheita dentro do prazo, reduzindo perdas qualitativas da fibra. O atraso na colheita contribui para reduzir qualitativamente as fibras, por permanência excessiva no campo, provocadas pelas intempéries como chuvas casuais, poeira, radiação solar e perdas provocada pela queda dos capulhos pela ação do vento (PORTER, 2013).

A eficiência operacional da colheita de algodão influencia diretamente no consumo de combustível no momento da colheita, por isso este parâmetro é relevante em estudos envolvendo colhedoras, por se tratarem de equipamento de grandes dimensões. Dentro da cadeia produtiva do algodão, o consumo de combustível é um importante parâmetro

na rentabilidade da cotonicultura, devido aos recentes aumentos nos preços dos combustíveis e consequente elevação nos custos de produção (FAULKNER, 2008).

Além disso, o uso de máquinas agrícolas mais eficiente, particularmente as colhedoras, pode reduzir os custos operacionais e de propriedade por hectare, sob certas condições de produção. A adoção e o uso das novas colhedoras de algodão para construção de módulos à bordo podem fornecer aos produtores de algodão um meio de reduzir os custos de colheita (BENNETT, 2015).

O presente estudo teve como objetivo determinar os índices operacionais e de combustível de uma colhedora de algodão em caroço, embarcada com sistema de construção de módulo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Pedra Preta, localizado no sudeste de Mato Grosso, em lavoura de algodão comercial. A variedade utilizada em campo foi a TMG 42 com produtividade média de 4785 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. O espaçamento adotado foi de 0,9 m com nove plantas por metro linear, totalizando uma população de 100.000 plantas por hectare.

O monitoramento foi realizado em uma área total de 45 hectares, em um talhão com formato retangular, com declividade próximo de 5% e com curvas em nível. O tempo total foi determinado pela soma de cada grupo de atividades subdivididas em manutenções, manobras e colheita. Para colheita, foi utilizada a colhedora modelo 7760 com 395 KW (537 cv) de potência no motor, fabricada pela John Deere (Figura 1), que possui peso bruto de 30.700 kg, possuindo 6 unidades de colheita, sendo que cada unidade conta com 560 fusos, totalizando 3360 fusos rotativos.

A colhedora possui sistemas eletromecânicos que possibilitam a construção de módulos embarcados que mudam drasticamente as atividades operacionais desenvolvidas no processo da colheita, reduzindo o número de máquinas e pessoas envolvidas no processo. Esta máquina colhe, armazena, compacta e envolve as fibras em um filme de polietileno que protege o algodão em caroço das intempéries.



Figura 1. Colhedora de algodão em caroço John Deere 7760.

Os módulos são envolvidos em 3 camadas de filme de polietileno ao fim de sua formação, sendo a camada mais externa adesiva. O filme de polietileno adesivo permite que a estrutura do módulo seja altamente resistente às ações físicas, permitindo que o módulo seja movimentado sem desestabilização de sua estrutura, facilitando a organização e transporte dos mesmos sem cuidados adicionais. Cada módulo tem peso aproximado de 2.200 a 2.500 kg, com essa configuração é possível que a colhedora forme um módulo e permaneça transportando o mesmo em uma plataforma, enquanto permanece colhendo e preparando um segundo módulo. O ganho de eficiência é relevante, já que a colhedora não precisa parar de colher para descarregar o módulo no carreador do talhão ou mesmo descarregar o módulo em um ponto aleatório da lavoura.

Foi desenvolvido um estudo de tempos e movimentos durante a colheita do algodão em caroço em que os processos foram cronometrados manualmente, para que fosse possível os cálculos de capacidade de campo efetiva, capacidade operacional e determinar a eficiência da operação da colheita do algodão.

Para tornar possíveis estes cálculos, fez-se necessário cronometrar o tempo que a máquina utilizou para colher o algodão em caroço, o tempo que a máquina levou, ao final do talhão, para realizar manobras e reiniciar o processo de colheita

e o tempo que a máquina permaneceu parada para a realização de regulagens e manutenções.

O consumo de combustível durante a execução da atividade foi obtido através do computador de bordo embarcado na máquina, que fornece o consumo médio por hora, permitindo o cálculo do consumo total durante a operação.

Para efetuar os cálculos referentes à Capacidade de Campo Teórica (CCT), foi monitorada a velocidade média durante o processo da colheita sem que ocorresse nenhum tipo de parada. Mensurando a largura de operação da colhedora, determina-se a sua capacidade máxima de colheita em hectares em função do tempo, sendo usualmente o resultado expresso em hectares por hora ($ha\ h^{-1}$) (BENNET, 2015).

A Capacidade de Campo Efetiva (CCE) consiste em monitorar não somente o momento em que a máquina está operando plenamente, mas também contabiliza o tempo despendido para manutenções, abastecimento, regulagens e outras ações que são comuns no momento da colheita, usualmente o resultado é expresso em hectares por hora ($ha\ h^{-1}$) (BENNET, 2015).

Da relação entre a CCE e a CCT, temos a Eficiência de Campo (E_c) que é capaz de indicar o quanto do tempo é despendido efetivamente colhendo e quanto do tempo é despendido em atividades que não sejam a colheita da fibra em caroço das plantas. A Eficiência Operacional (E_o)

corresponde à relação entre as horas que a máquina passou efetivamente trabalhando na colheita com as horas disponíveis em um dia de trabalho, conforme ASABE (2015).

As respectivas equações são representadas abaixo:

$$CCT = (LO * V) / 10 \quad (1)$$

$$CCE = A / T_p \quad (2)$$

$$CCO = A / T_m \quad (3)$$

$$Ec = CCE / CCT \quad (4)$$

$$Eo = TO / T_{disp} \quad (5)$$

em que,

LO = Largura de Operação, m;

V = Velocidade de operação, km/h;

A = Área, ha;

T = Tempo, h;

TP = Tempo de produção, h;

TM = Tempo máquina, h;

TO = Tempo Operacional, h;

Tdisp = Tempo disponível, h;

Ec = Eficiência de campo (%); e

Eo = Eficiência operacional (%)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a colheita dos 45 hectares do talhão, foram necessárias 25,5 horas de trabalho, sendo 64%

deste tempo demandado pela colheita propriamente dita. As realizações de manobras ao fim do talhão demandaram 5% do tempo total da atividade, este valor pequeno é fruto das dimensões do talhão que foi definido permitir que a colhedora permaneça por mais tempo colhendo, evitando manobras que afetam negativamente o rendimento operacional da colhedora.

Por se tratar do período final de safra, a colhedora apresenta maior desgaste em vários componentes que quebram com maior facilidade ou deixam de operar adequadamente com maior frequência, exigindo maior número de paradas para substituições de componentes. Adicionalmente às paradas para manutenções corretivas, também é computado neste parâmetro as paradas para as manutenções preventivas, como limpezas, regulagens, reabastecimento dos filmes que envolve os módulos ao final da formação do fardo e do reabastecimento de xampu utilizado para limpeza dos fusos durante a colheita. Devido a estes fatos, as manutenções necessárias demandaram 31% do tempo total necessário para a colheita do talhão (Figura 2).

Observando a figura 3, podemos obter valores de grande importância no planejamento da colheita mecanizada na agricultura comercial e a capacidade de campo teórica (CCT), que representa a capacidade teórica que o equipamento teria caso não houvesse a necessidade de realizar manobras ou outros tipos de paradas que reduzissem o tempo disponível. Nesse contexto teórico, a colhedora seria capaz de colher 2,97 hectares a cada hora de trabalho.

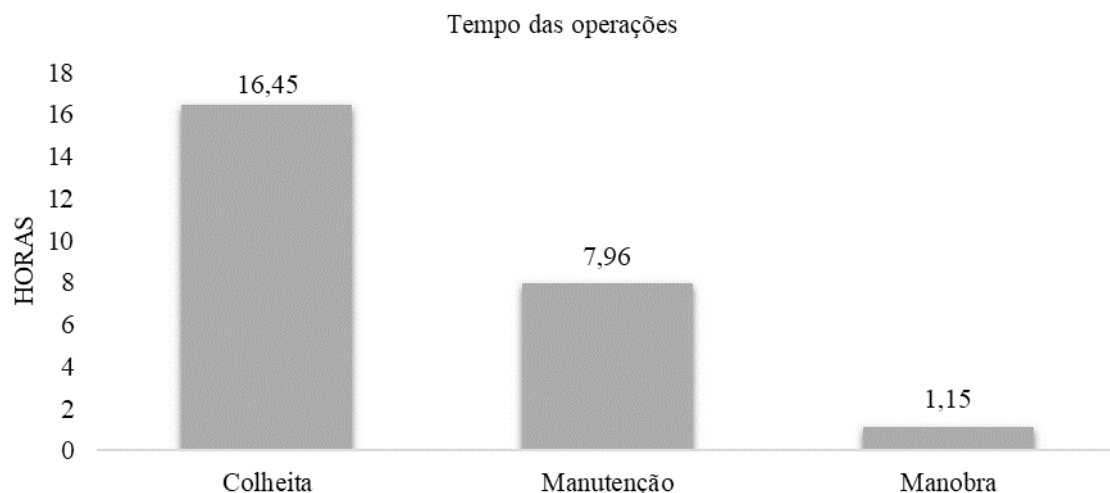


Figura 2. Horas necessárias de cada atividade para a colheita total da área.

A capacidade de campo efetiva (CCE) é a real capacidade de colheita de um conjunto mecanizado, considerando o tempo necessário para manobras, manutenções e regulagens necessárias para a execução eficiente e econômica da colheita. Nas condições de campo, a colhedora apresentou capacidade de colher 1,78 hectares a cada hora de trabalho (Figura 3). Bennett (2015) verificou valores médios superiores aos três hectares por hora, ocasionados principalmente pela elevada eficiência de campo que, segundo o autor, ficou próxima aos 75%, enquanto que nas condições de trabalho estudadas, a eficiência foi de aproximadamente 60%.

O valor obtido da capacidade de campo efetiva é uma importante ferramenta para o agricultor, que apenas conhecendo a largura de trabalho do equipamento e a sua velocidade de operação permite converter rapidamente a capacidade de campo teórica em capacidade de campo efetiva.

No presente trabalho, a eficiência de campo (Ec) atingiu um índice de 0,67 e a eficiência operacional (Eo) de 0,60 (Figura 4). Bennett (2015) e Araldi (2013) relatam que a eficiência para a colheita possui um coeficiente que varia de 0,65 a 0,80, sendo estes valores uma média que envolve várias culturas, especificamente para a cultura do algodão no Mato Grosso. Assim, o resultado obtido torna-se mais conveniente, a fim de obter uma estimativa mais precisa. Salassi (2015) apontou que nas condições de cultivo da região sul dos EUA são atingidos valores de 80 a 85% de eficiência de colheita, quando são utilizadas colhedoras dotadas de sistema de construção de módulos.

O conhecimento do real valor de eficiência atingida na região de Pedra Preta permite que estudos sejam realizados, a fim de desenvolver medidas para elevar a eficiência operacional das modernas colhedoras empregadas na colheita da produção agrícola do estado.

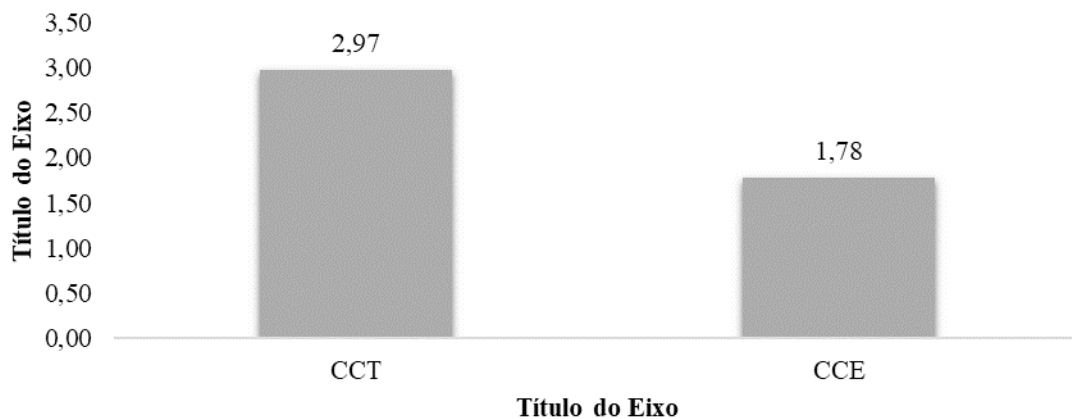


Figura 3. Capacidade de campo teórica (ha h⁻¹), capacidade de campo efetiva (ha h⁻¹).

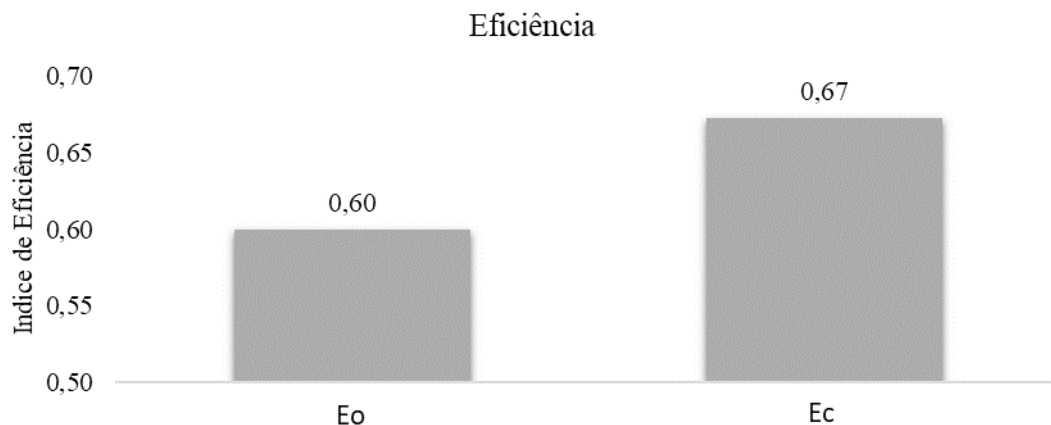


Figura 4. Eficiência de campo e Eficiência operacional.

O consumo de combustível durante a execução da atividade foi obtido através do computador de bordo embarcado na máquina, que fornece o consumo médio por hora, permitindo o cálculo do consumo total durante a operação. O consumo de combustível é diretamente proporcional ao tempo que a máquina permaneceu executando uma atividade. O consumo de combustível total para a colheita dos 45 hectares da área foi de 915,14 L. Deste total de combustível consumido, 855,4 L foram consumidos durante a operação de colheita, ou seja, com a máquina recolhendo o algodão em caroço. O volume de combustível utilizado para a

realização de manobras em toda a área foi de 59,7 L (Figura 5).

O consumo horário e por hectare foram de 52,0 e 20,3 L de combustível, respectivamente (Figura 6). Faulkner (2008) encontrou um consumo de combustível semelhante por unidade de área ($26,2 \text{ L h}^{-1}$), não havendo correlação entre a produtividade da área e o consumo de combustível. Estas similaridades dão indícios de que a demanda energética da operação pode ser relativamente estável, mesmo com a oscilação das características das regiões produtoras.

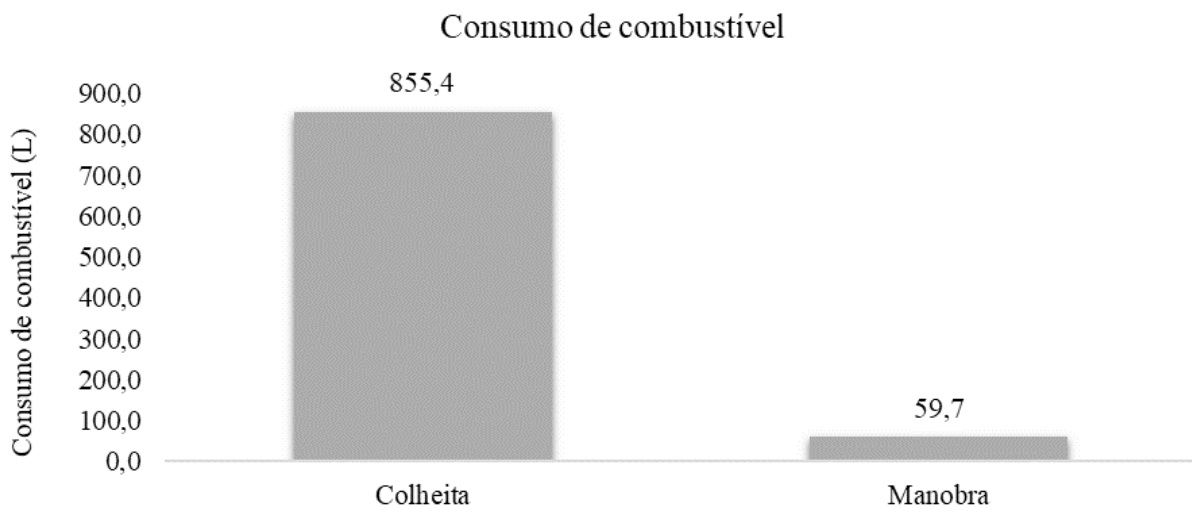


Figura 5. Consumo total de combustível durante a colheita e manobras.

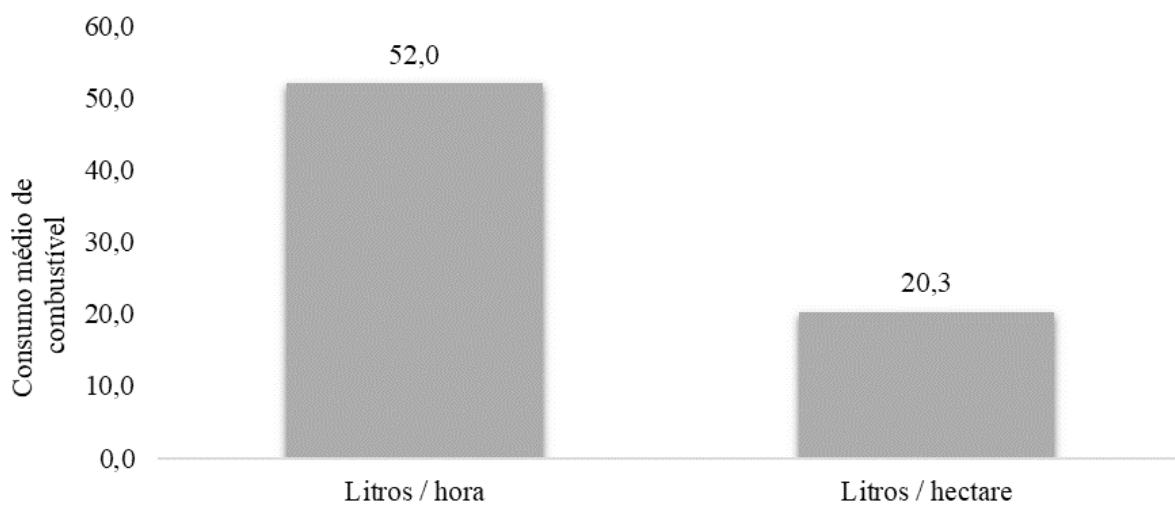


Figura 6. Consumo médio de combustível por hora de atividade e consumo médio de combustível para cada hectare colhido.

CONCLUSÕES

- A capacidade de campo efetiva para a colhedora de algodão com sistema de construção de módulo foi de 1,78 hectares por hora.
- A colhedora permaneceu colhendo efetivamente durante 64% do tempo despendido na operação, 31% do tempo da operação são gastos em manutenções e 5% do tempo disponível são utilizados na realização de manobras.
- A capacidade de colheita teórica da colhedora é de 2,97 hectares por hora. A eficiência de colheita registrada é de 60%, sendo a eficiência operacional mensurada de 67,2%.
- O volume de combustível utilizado na colheita de cada hectare foi de 20,3 L.
- Monitoramentos mais intensivos, de maior duração e em diferentes regiões produtoras são relevantes para a determinação de índices produtivos de colhedoras de algodão no estado do Mato Grosso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARALDI, P.F., SCHLOSSER, J.F., FRANTZ, U.G., RIBAS, R.L., SANTOS, P.M. Eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado. *Ciência Rural*, v.43, n.3, p.445-451, 2013.

ASABE. Agricultural machinery management data ASAE D497.7. In: _____. ASABE Standards. St. Joseph, 2015. p.1-8.

BENNETT, J.M. Advances in Cotton Harvesting Technology: a Review and Implications for the John Deere Round Baler Cotton Picker. *The Journal of Cotton Science* 19:225-249, 2015.

FAULKNER, W.B. **Comparisson of Picker and Stripper Harvesters on Irrigated Cotton On The High Plains Of Texas**. 2008. 154p. Dissertation (Biological and Agricultural Engineering) - Texas A&M University, Texas, 2008.

PARVIN, D.W., AND S.W. MARTIN. 2005. The effect of recent and futuristic changes in cotton production technology on direct and fixed costs per acre, Mississippi, 2004. 18p. In: SOUTHERN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOC. ANNUAL MEETING, Little Rock, 2005.

PORTER, W.M **Cotton Stripper Harvester Evaluation and Modification For Cotton Fiber Quality Preservation And Foreign Matter Removal**. 123p. Dissertation (Biosystems Engineering) – Oklahoma State University, Oklahoma, 2013.

RICKARD, S. **The Economics of Organizations and Strategy**. McGraw-Hill Companies, London, UK. 2006.

SALASSI, M.E., DELIBERTO, M.A. AND FALCONER, L.L Comparative Costs of Onboard Module Building Cotton Harvest Systems in the Mid-South. *Journal of ASFMRA*, 2015.