

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA OPERAÇÃO NA CULTURA DA CANA DE  
AÇÚCAR UTILIZANDO CARTAS DE CONTROLE**

**Michel Aparecido Ferreira da Silva  
Tecnólogo do Agronegócio**

**2015**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**Qualidade da operação na cultura da cana de açúcar  
utilizando cartas de controle**

**Michel Aparecido Ferreira da Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani**

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

**2015**

S586q Silva, Michel Aparecido Ferreira da  
Qualidade da operação na cultura da cana de açúcar utilizando  
cartas de controle / Michel Aparecido Ferreira da Silva. --  
Jaboticabal, 2015  
xi, 31 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani

Banca examinadora: Rouverson Pereira da Silva, Fabio Alexandre  
Cavichioli

Bibliografia

1. Consumo de combustível. 2. . *Saccharum* spp. 3. Controle de  
Qualidade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 631.332:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Michel Aparecido Ferreira da Silva, filho de Mademir Ferreira da Silva e Marta Regina Leite da Silva, nasceu em Santa Adélia, estado de São Paulo, no dia 15 de abril de 1992. Coursou até o ensino médio em Santa Adélia, pois em 2007 iniciou o curso Técnico em Agropecuária pela ETEC “Prof. Matheus Leite de Abreu”, em Mirassol, SP, finalizando em 2009 com o premio de “Melhor Técnico”, sendo homenageado pela prefeitura municipal. Em 2010 iniciou o curso de Tecnologias do Agronegócio pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, em Taquaritinga, aonde veio a concluir em 2013. Em janeiro de 2012, passou a ser colaborador da empresa Itaeté Máquinas, na unidade de Catanduva, em São Paulo, iniciando sua carreira na mecanização e agricultura de precisão. E com o apoio da empresa, em Agosto de 2013 iniciou o curso de mestrado em Ciência do Solo, pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal. Em 2015 tornou-se colaborador da John Deere Brasil e concluindo o curso em Novembro de 2015.

Portanto, se já ressuscitastes com Cristo, buscai as coisas que são de cima, onde  
Cristo está assentado à destra de Deus.  
Pensai nas coisas que são de cima, e não nas que são da terra;  
Colossenses 3:1,2

Aos meus pais, Mademir Ferreira da Silva e Marta Regina Leite da Silva, pela luta, amor, carinho e dedicação ao longo de toda minha vida, tanto pessoal como profissional e por sempre acreditarem em meus sonhos e muitas vezes abrindo mãos de seus, para que os meus se realizassem.

A minha futura esposa, Thainá da Silva Agudo, pelo apoio, luta e sacrifícios realizados juntos para que pudesse alcançar esse sonho.

Amo vocês...

**DEDICO**

Aos meus irmãos Marcio Ap. Ferreira da Silva e Marcelo Ferreira da Silva,  
As minhas cunhadas Rita e Cassia,  
Aos meus sobrinhos Ryan e Guilherme.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me iluminar e dar proteção durante toda a minha vida, por tudo que nela já conquistei e ainda irei conquistar, e pela fé que move nossas vidas sempre em busca de novos horizontes, enfrentando novos desafios em busca da paz.

Aos meus queridos pais, Licão e Marta, por me proporcionarem uma educação de qualidade, pelo amor, companheirismo e união, essenciais na formação do meu caráter e também da minha vida profissional.

À minha noiva Thainá da Silva Agudo pelo amor, carinho, companheirismo e apoio, fundamental em minha vida.

A toda minha família, avós, tios e tias, primos e primas, que são a base que sustenta a minha fortaleza, estando cada um sempre pronto a acolher meus problemas e apontar o caminho da sabedoria.

À Faculdade de Tecnologia – FATEC, a todos seus professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, e em especial aos estimados amigos da minha turma do Agronegócio.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciências do Solo).

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo A. Furlani, por acreditar no meu potencial e pela dedicação nas informações transmitidas e no suporte necessário para elaboração deste trabalho.

Ao amigo Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, por acreditar no meu potencial e pela dedicação nas informações transmitidas para elaboração deste trabalho.

Aos amigos integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA).

Aos amigos Luiz Augusto de Souza Nardo “Gutinho” e Lucas Vilella Rosa, por me apoiar, acreditar em mim e incentivarem.

A Itaeté Máquinas por acreditar no meu potencial, conhecimento e dedicação.



A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar este momento possível, por meio de conselhos, palavras amigas e momentos de sabedoria, fica aqui a minha gratidão.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	VII
LISTA DE TABELAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	IX
RESUMO:.....	X
ABSTRACT: .....	XI
I - INTRODUÇÃO .....	1
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. Consumo de combustível .....	3
2. Operações agrícolas .....	6
2.1 Tratores Agrícolas.....	6
2.2. Agricultura de Precisão .....	7
2.3. Equilíbrio Operacional.....	7
3. Controle estatístico da qualidade (CEQ) .....	9
III – MATERIAL E MÉTODOS .....	11
1. Material.....	11
1.1. Área Experimental .....	11
1.2. Equipamentos Agrícola .....	11
1.3. Coleta de dados.....	12
2. Métodos.....	13
2.1. Análise de variância .....	13
2.2. Análise da capacidade do processo.....	13
2.2. Controle estatístico de processo .....	14
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
1. Análise Descritiva .....	17
2. Controle estatístico de qualidade .....	18
3. Análise da capacidade do consumo de combustível .....	22
V. CONCLUSÕES .....	26
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites especificados para os indicadores de qualidade.....	14
Tabela 2. Análise da estatística descritiva para o indicativo da qualidade da operação na cultura de cana de açúcar (consumo de combustível). .....	17

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de carta de controle de amplitude móvel.....	15
Figura 2. Cartas de Controle das operações agrícolas, sendo gradagem intermediária (A), gradagem pesada (B), subsolagem (C) e reboque (D). .....	19
Figura 3. Análise de Capabilidade das operações, sendo gradagem pesada (A), subsolagem (B) e reboque (C). .....	23

## QUALIDADE DA OPERAÇÃO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO CARTAS DE CONTROLE

**RESUMO:** O agronegócio é um setor importante para a economia nacional e todas as suas atividades precisam de um gerenciamento, pois precisamos cada vez mais reduzir custos para tentarmos aumentar nossa lucratividade e, conseqüentemente termos uma longevidade na economia. Um dos principais itens que compõe o custo de produção é o consumo de combustível, podendo chegar a 45% do custo de um equipamento agrícola e por isso devemos nos preocupar aos fatores que afetam o mesmo. Um dos fatores que afetam a eficiência de equipamentos agrícolas pode ser o equilíbrio operacional, tipo de pneu, pressão nos pneus, tipo de solo e tipo de cultura anterior. Uma das principais preocupações com o consumo de combustível é a questão ambiental, pois a queima de combustíveis fósseis é fonte de gases ao aquecimento global. Considerando tais fatores, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da operação na cultura da cana-de-açúcar, empregando o consumo de combustível das operações agrícolas como um indicador de qualidade. O trabalho utilizou técnicas do gerenciamento da qualidade e cartas de controle estatístico das operações agrícolas como método de avaliação. Foram analisados os consumos de combustíveis na subsolagem, em dois tipos de gradagem (pesada e intermediária) e reboque de carretas, pois são operações importantes no ciclo da cultura da cana-de-açúcar e principalmente no preparo do solo, sendo que a as operações foram consideradas estáveis, exceto a gradagem intermediária e que as operações foram consideradas incapazes de terem resultados dentro dos limites especificados.

**Palavras chaves:** consumo de combustível, eficiência energética, preparo do solo.

## QUALITY OPERATION IN THE SUGAR CANE CROP USING CONTROL CHARTS

**ABSTRACT:** The agribusiness is an important sector for the national economy and all its activities need a management, because we need to increasingly reduce costs to try to increase our profitability and consequently have a longevity in the economy. One of the main items making up the production cost is fuel consumption, reaching 45% of the cost of agricultural equipment, and so we must worry about the factors that affect it. One of the factors that affect the efficiency of agricultural equipment can be the operating balance, tire type, tire pressure, soil type and type of previous crop. A major concern with the fuel consumption is the environmental issue, as the burning of fossil fuels is a source of gases to global warming. Considering these factors, this study aimed to evaluate the quality of the operation in the culture of sugarcane, using the fuel consumption of agricultural operations as an indicator of quality. The study used quality management techniques and statistical control charts of agricultural operations as an evaluation method. Fuel consumption were analyzed in the subsoil, in two types of harrowing (heavy and intermediate) and trailer towing as they are important operations in the cycle of the culture of sugarcane and especially in the preparation of the soil, and the operations They were considered stable, except the intermediate harrowing and that operations were considered unable to have results within specified limits.

**Key words:** fuel consumption, energy efficiency, soil preparation.

## I - INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético tem papel fundamental na economia brasileira, sendo responsável pelo desenvolvimento de varias sub-regiões do noroeste paulista. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ganha espaço, mas ao mesmo tempo começa a requerer tecnologias para o seu gerenciamento, pois todo e qualquer atividade agrícola atualmente enfrenta problemas edafoclimáticos ou econômicos que cria riscos nas atividades.

Todo empreendimento, seja ele de qualquer natureza, para que se tenha longevidade, é indispensável que, as receitas sempre sejam maiores que os custos, para que se obtenham lucros ou retornos dos investimentos realizados. Para que isto aconteça é necessário um planejamento estratégico do negócio, conhecendo cada entrada (investimento), sendo em insumos, tecnologia ou logística, para que no final do ciclo produtivo se resgate um número máximo de retorno.

O gerenciamento das operações agrícolas requer uma atenção dobrada na qualidade da operação, seja ela o preparo do solo para o plantio, os tratos culturais ou a colheita, para que a cultura produza o máximo possível e se obtenha os resultados de produtividades esperados. Para que essa produtividade não seja afetada, vários fatores são importantes, como fertilidade, compactação do solo, período do plantio, tratos culturais, umidade do solo na época da colheita.

As técnicas de controle estatístico de qualidade aplicada às operações agrícolas mecanizadas ainda são recentes e estão em processo de expansão. Em função dos resultados positivos verificados em diversas áreas ligadas à indústria, o aprimoramento e aplicação das ferramentas da qualidade na agricultura devem também produzir resultados promissores, se os resultados das análises forem executados com eficácia, visto que a maioria das operações agrícolas ligadas ao setor canavieiro é realizada sem controle total de qualidade.

Para a mecanização das atividades agrícolas o uso do trator tem aumentado significativamente, sendo eles, pequenos, médios ou grandes. Para cada atividade ou operação necessita-se de uma potência requerida correlacionado ao tipo de

equipamento e outros fatores que influenciam na operação. A escolha do trator correto ainda é um fator que precisa ser levado em consideração pelos produtores.

A escolha do trator correto influencia na produtividade e qualidade da operação. Geralmente a escolha do equipamento é feita pela potência, cabine, conforto e capacidade de esterçamento, deixando de analisar fatores importantes como eficiência, consumo *versus* produção, disponibilidade, custo de operação.

O consumo de combustível é um dos fatores que afeta a eficiência de equipamento agrícola. Este consumo pode ser afetado pelo equilíbrio operacional, tipo de pneu, pressão nos pneus, tipo de solo, tipo de cultura anterior, entre outros.

As principais preocupações com o consumo de combustível são, primeiramente a questão ambiental, pois a queima de combustíveis fósfil é uma das maiores fontes de gases prejudiciais ao aquecimento global; outro ponto é que o combustível é uma das parcelas significativas dos custos operacionais da agricultura, se não estive sendo aproveitada de maneira sustentável, poderá ser uma fonte de desperdício.

Considerando que o consumo de combustível é uma das principais fontes de custo e que precisa de qualidade no gerenciamento das atividades agrícolas, este trabalho objetivou a avaliar a qualidade da operação na cultura da cana, utilizando como indicativo o consumo de combustível, em varias operações tais como subsolagem, gradagem e reboque, utilizando técnicas do gerenciamento da qualidade e cartas de controle estatístico das operações agrícolas.



## II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. Consumo de combustível

O aumento da responsabilidade com o meio ambiente resulta uma força para a redução do uso de combustíveis fósseis, pelo qual são responsáveis pelos gases poluentes da atmosfera. Com o intuito de reduzir a utilização dos combustíveis fósseis, vários países buscam substituir ou até adicionar outros combustíveis para obter diminuição da emissão de gases poluidores (MAULE et al., 2001)

Com a utilização do trator dentro da propriedade agrícola, com múltiplas operações e a busca de desempenho otimizado, sustenta-se o desenvolvimento de caminhos alternativos para o gerenciamento das atividades agrícolas, sendo que o combustível é uma das principais fontes de gases poluentes e custos operacionais afirma Vale et al., 2008.

Segundo Siemens & Bowers (1999) os custos de combustível e lubrificante representam, no mínimo, 16%, chegando a atingir 45% dos custos totais das máquinas agrícolas, dependendo do tipo de combustível e do número de horas trabalhadas.

De acordo com Mialhe (1996) a mensuração da quantidade de combustível consumida, constitui-se um dos mais importantes aspectos da avaliação do rendimento de um motor, ou seja, do seu desempenho como máquina térmica conversora de energia. O consumo de combustível pode ser expresso de duas maneiras: em relação ao tempo ( $L.h^{-1}$ ;  $kg.h^{-1}$ , etc) e em relação ao trabalho mecânico desenvolvido (consumo específico =  $g cv.h^{-1}$ ;  $g kW.h^{-1}$ , etc). O consumo horário geralmente é obtido por leitura direta de instrumentos de mensuração que podem ser expressas em termos ponderais ( $kg.h^{-1}$ ) ou volumétrico ( $L.h^{-1}$ ).

Lopes et al. (2003), utilizou um medidor de fluxo de combustível com o objetivo de comparar o consumo de um trator agrícola com três tipos de pneus em duas condições de lastragem, com e sem água nos pneus, e quatro velocidades de deslocamento, onde, os resultados evidenciaram que a condição de lastragem com água nos pneus ofereceu menor consumo específico e o aumento da velocidade de deslocamento com redução no consumo específico.

Segundo Cordeiro (2000), o consumo específico de combustível é um indicador consistente para a avaliação do desempenho do trator. O autor analisou o consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu e observou que este, quando equipado com pneu radial em comparação com o pneu diagonal e de configuração mista apresentou melhor conversão energética do combustível.

Nos ensaios de um trator tracionando um escarificador, em solo com e sem preparo inicial, Acuña et al. (1995) concluíram que o consumo específico de combustível decresceu à medida que a potência na barra aumentou. Os dados obtidos pelos mesmos autores evidenciaram ainda que, sob uma força de tração de 35 kN na barra de tração, o consumo específico de combustível foi menor em relação ao trator operando com força de tração de aproximadamente 38 kN, o que pode ser explicado, segundo os autores, pela maior demanda de potência do trator na condição de maior força de tração.

Nagaoka et al. (2002) ao avaliar o consumo de combustível e a capacidade de campo operacional de um trator na semeadura de aveia, em três manejos do solo (plantio direto, plantio convencional e escarificação), concluíram que o consumo de combustível e a patinação do trator foram maiores onde a semeadura foi realizada em sistema convencional e com escarificação, que exigiu maior força de tração do trator, uma vez que nestes manejos havia maior mobilização do solo, quando comparado ao sistema de plantio direto.

Para Mclaughlin et al. (2008), com uma seleção adequada do sistema de preparo do solo e correta adequação do trator e implemento, obtém-se redução na demanda energética de máquinas agrícolas. Avaliando o consumo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas, Fernandes et al. (2008) concluíram que os sistemas de preparo do solo, com menos operações por área, obtiveram menor consumo de combustível, seguido pelo cultivo mínimo (grade leve e vibro escarificador, respectivamente) e preparo convencional.

Salvador et al. (2008) avaliando a demanda energética em diferentes sistemas de preparo periódico do solo realizado antes e depois da subsolagem, concluíram que o preparo do solo com escarificação obteve menor exigência energética, quando realizado depois da subsolagem, entretanto, para os sistemas de preparo periódico

do solo, resultou melhor eficiência energética quando realizado antes da subsolagem.

Avaliando o requerimento energético em diferentes sistemas de preparo baseados em aração (discos e aivecas), gradagem (pesada e intermediária) e escarificação num Latossolo Vermelho Amarelo, Salvador et al. (1998) concluíram que a escarificação obteve menor demanda energética quando comparada aos demais sistemas de preparo estudados.

ASABE (2005) estabeleceu uma estimativa do consumo médio anual dos tratores acionados por motor diesel, de acordo com a equação 1:

$$Q_{avg} = 0,223 * P_{pto} \quad (1)$$

Qavg: L h<sup>-1</sup> Ppto- kW

em que Ppto é a máxima potência do trator na tomada de potência.

Equação de Grisso et al. (2004):

$$C(Lh^{-1}) = (0,22X + 0,096)[1 - (-0,0045X*RV + 0,00877RV)]N \\ 0,0045X*RV + 0,00877RV] Nn$$

X – quociente entre a potência fornecida pelo motor em cada ponto e a potência nominal (decimal);

RV – redução da velocidade do motor em qualquer condição em que o acelerador não está no máximo, em relação à velocidade que teria na máxima aceleração, fornecendo a mesma potência (%).

Nn – a potência nominal do trator (kW) medida através da tomada de potência.

A potência na TDP é calculada por meio do torque e da velocidade, enquanto na barra de tração é obtida através da força na barra e da velocidade de deslocamento. Para o cálculo dos índices da Eq. 2 leva-se em conta a eficiência do motor através da tomada de potência e dos ensaios na barra de tração.

## 2. Operações agrícolas

De acordo com Machado et al. (1996), o preparo do solo é um composto de operações que objetiva-se apropria-lo para o recebimento das sementes, proporcionando o pleno desenvolvimento produtivo da cultura. Os mesmos autores enfatizam que o preparo do solo pode ser dividido em dois tipos:

- O preparo primário, que são as operações iniciais de mobilização da camada de solo na qual desenvolverão as raízes das plantas, proporcionando a criação de melhores condições físicas e químicas para o crescimento delas, podendo ser executadas pelos equipamentos agrícolas: arados (aivecas ou discos), escarificadores ou grades agrícolas pesadas.
- Preparo secundário, visa ao destorroamento e nivelamento da camada de solo que já sofreu o preparo primário, a fim de facilitar a semeadura, sendo utilizados os equipamentos: grades (dentes ou discos) e em alguns casos, os rolos destorroadores e enxadas rotativas.

### 2.1 Tratores Agrícolas

O trator agrícola é uma máquina de tração que fornece potência aos equipamentos agrícolas. O sistema de transmissão é o conjunto de elementos que garante a transferência de potência do motor para os diferentes sistemas a se utilizar, como: o sistema hidráulico, a tomada de potencia (TDP) e as rodas motrizes (MÁRQUEZ, 2004).

Os tratores agrícolas são máquinas autopropelidas projetadas para tracionar, transportar e fornecer potência para máquinas e implementos agrícolas. BARGER, et al. (1966) define trator agrícola como um veículo complexo, empregado para propelar ou fornecer força estacionária para uma larga variedade de implementos agrícolas.

Os tratores agrícolas são constituídos de motor, sistema de transmissão, sistema hidráulico e rodados e todos esses componentes estão montados em uma estrutura denominada chassi. O chassi é a estrutura geral do trator, formada pela união de todos os seus sistemas constituintes e deve oferecer resistência aos esforços de torção provenientes da tração.

## **2.2. Agricultura de Precisão**

Segundo Souza et. al (2014) o conceito de agricultura de precisão (AP) foi definido de várias formas ao longo dos anos. Seu significado pode ter distintas interpretações em função do foco de análise, tecnologia disponível e método adotado. Atualmente a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) define a Agricultura de Precisão como “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente”.

A escala de amostragem das variáveis envolvidas e a precisão na execução das tarefas para as novas práticas, muitas vezes, são maiores que as exigidas pela agropecuária tradicional, demandando tecnologias de informação e comunicação que as viabilizem em custo e eficiência (STEINBERGER et al., 2009). A tendência é aumentar a sua frequência de amostragem com seu limite chegando ao tratamento por planta, o que já pode ser constatado em culturas perenes como em fruticultura. Entretanto, a escala amostral para cada fator específico deve ser definida.

## **2.3. Equilíbrio Operacional**

Montanha, et.al. 2011 afirma que dentre os fatores que podem influenciar o rendimento energético de um trator agrícola, o pneu agrícola supera , pois além de garantir o equilíbrio, o deslocamento, o direcionamento e o amortecimento do trator, ainda está diretamente ligado nos seus resultados de desempenho operacional. A

utilização correta do tipo de construção dos pneus, da pressão de inflação utilizada e da carga aplicada influencia diretamente na eficiência produtiva e no consumo combustível.

Segundo Franz (1988), os pneus são um dos mais importantes componentes, pois tem a função de fornecer equilíbrio, vão livre, deslocamento, direcionamento e esforço tratório.

Lee e Kim (1997) afirmaram ainda que a pressão de inflação tem papel fundamental na área de contato entre o pneu e o solo, além da distribuição de pressão na sua superfície. Pneus com baixa pressão de inflação tendem a ter maior área de contato com o solo, fornecendo ao trator maior capacidade tratória.

Correa et al. (2000) obtiveram melhores resultados na capacidade tratória, com os pneus inflados segundo a recomendação do fabricante. Os resultados apresentados pelos autores mostram expressivas diferenças no uso da pressão correta em relação às altas pressões de inflação, com redução de 11,5% na patinagem e de 3,2% no consumo de combustível do trator. Os autores obtiveram ainda um aumento de 3,7% na potência na barra de tração e de 4,4% na capacidade operacional, com o uso da pressão recomendada pelo fabricante de pneus comparado com a pressão baixa em pneus diagonais.

Lanças et al. (1995) pesquisaram a relação de pneus radiais em rodagem dupla 20.8 R 48 em eixos de tração em condições de campo com trator 4X4, para duas estações do ano (primavera e verão) em solo da Califórnia (EUA). As pesquisas realizadas na primavera, foram realizadas em um solo relativamente seco denominado *Capay clay*, em Woodland (EUA). Os testes realizados no verão, foram realizados em um solo denominado *Ricon silt clay/yolo silt loam* na Universidade de Davis- Califórnia. Os resultados apresentam que, com pressão correta/baixa obtiveram menor consumo de combustível, menor compactação do solo, maior desempenho operacional e maior capacidade de campo.

### 3. Controle estatístico da qualidade (CEQ)

O controle estatístico de qualidade (CEQ) podendo ser denominado de controle estatístico de processo (CEP), extensamente utilizado na área industrial para monitorar, avaliar e melhorar o desempenho da produção levando analisando os itens conformes e não conformes em linhas ou processos produtivos.

Segundo Western Electric (1956) o controle estatístico de qualidade seria um método de estudo das características quanti-qualitativas de um processo, utilizando números, tendo base matemática, de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada atendendo aos limites de especificações estipulado, bem como manter a produção de itens conforme o mais longo período de tempo possível.

De acordo com Montgomery (1997; 2009) a utilização deste tipo de análise para verificar o monitoramento e redução da variabilidade dos processos produtivos seria imprescindível, melhorando a qualidade dos itens de produção final. Montgomery (2004) afirma que a redução da variabilidade é uma quantificação inversamente proporcional ao aumento da qualidade das operações ou processos produtivos.

Segundo Montgomery (2000), apresentaram os fundamentos do Controle Estatístico de Processos (CEP), por meio da elaboração de cartas de controle que apresentavam limites dentro dos quais poderiam ocorrer variações aleatórias. Desta forma, pontos que se encontram fora destes limites, inferior e superior, indicariam a possibilidade de existência de causas especiais, prejudicando o processo de produção tornando-o não previsível ou fora de controle, casos os pontos permanecessem entre dos limites o processo é considerado estável.

Segundo Hessler, Camargo e Dorion (2009) um processo produtivo planejado e monitorado atenciosamente existirá a variação natural, decorrente de causas comuns (aleatórias), certificando-se a estabilidade do mesmo.

Montgomery (2004) relata que é possível interpretar as cartas de controle estatístico de um processo, da seguinte maneira: considerando-o “sob controle estatístico” ou “fora de controle estatístico”, cujas definições são:

- Processo sob controle estatístico ou estável: ocorre a existência somente de variabilidade natural do processo, ou seja, que se encontra sob a ação apenas

das chamadas causas aleatórias, tanto para as cartas de valores individuais como para a de amplitude móvel.

- Processo fora de controle estatístico ou instável: ocorre a existência de causas especiais de variação, levando o processo à instabilidade, uma vez que seu comportamento se torna imprevisível ao padrão esperado.



### **III – MATERIAL E MÉTODOS**

#### **1. Material**

##### **1.1. Área Experimental**

O experimento foi realizado no interior do estado de São Paulo, na região de Ribeirão Preto, em áreas pertencentes a uma unidade produtiva sucroenergética. A área experimental possui declividade média de 4% e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen. O solo da região foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO, com textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

##### **1.2. Equipamentos Agrícola**

###### **1.2.1. Trator**

Para a avaliação do consumo de combustível foi utilizado um trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar) com potência de 165,6 Kw (225 cv.) no motor, equipados com pneus dianteiros classificados como R2, de medida 600/65R28 com 25% de lastro líquido (água) e traseiros 710/70R38 com 40% de lastro líquido. O trator possuía um lastro total de 10.250 Kg, distribuídos em 40% da massa total localizados na dianteira do trator e 60% na traseira, sendo que o fabricante recomenda para trabalhos utilizando a barra de tração, o trator estar distribuído na proporção de 35% - 65%, dianteira e traseira respectivamente.

###### **1.2.2. Grade Pesada**

A grade pesada utilizada foi o modelo GVMF 20F, composta por 20 discos de 32" x 9,0 mm, com largura de trabalho de 3,4m, realizando a incorporação de soqueiras de cana-de-açúcar ou preparo em áreas de expansão.

### **1.2.3. Grade Intermediária**

A grade intermediária utilizada foi o modelo GNP 54, composta por 54 discos de 22" x 4,5 mm, com uma largura de trabalho de 5,3 m. Indicada para gradagem de complementação e destorroamento do solo. São equipadas com pneus para transporte, a regulagem de abertura do ângulo de corte hidráulica por meio de pistão com acionamento invertido.

### **1.2.4. Subsolador**

Foi utilizado um subsolador da marca Stara, modelo ASA Laser Canavieiro, constituído por sete hastes espaçadas entre si em 0.51m com uma ponteira de 0,07m de largura, o que possibilita o trabalho até 0,49 m, considerando que a profundidade máxima de trabalho deve ser de 5 a 7 vezes a largura da ponteira. A largura de trabalho total de 3,57m. O controle de profundidade foi realizado pelos pneus do subsolador e anéis fixados ao pistão hidráulico do equipamento.

### **1.2.5. Reboque**

A operação de reboque aconteceu dentro da unidade produtora, onde o trator tracionava as carretas de cana de açúcar para o descarregamento na esteira alimentadora, carregando um total entre 70 e 80 toneladas de cana picada, oriundas da colheita mecanizada. As carretas foram variadas, pois a unidade produtiva possuía várias marcas, porém, com cargas bem próximas.

## **1.3. Coleta de dados**

As coletas das informações do consumo de combustível aconteceram juntamente com as paradas obrigatórias para o abastecimento e algumas lubrificações

necessárias. Essas paradas são posteriores as trocas de operadores, pois o caminhão comboio (caminhão responsável pelo transporte de óleo diesel e materiais para a lubrificação) deve retornar a unidade a cada troca, para abastecimento e retorno para o campo.

A cada abastecida dos tratores, os lubrificadores, inseriam os dados de quantidade de óleo diesel abastecido (limite respeitado pelo fabricante, onde possui no tanque de combustível um indicador de limite máximo) e o horímetro do trator. Com isso, esses dados o departamento de controle agrícola, geram relatórios em Excel para o acompanhamento destes números.

A carga horária diária dos operadores desta unidade produtora é de 8 horas, sendo que as trocas de operadores aconteciam as 07:00, 15:00 e as 23:00. As coletas se deram após essas trocas, somando três amostras diárias destes equipamentos, durante 30 dias, totalizando 90 amostras.

## **2. Métodos**

### **2.1. Análise de variância**

O efeito dos fatores principais e de suas interações foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) a 5 % de probabilidade. Quando o teste F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com uso do programa estatístico SISVAR 5.3.

### **2.2. Análise da capacidade do processo**

Fundamentalmente, esta análise determina a capacidade do processo pela comparação da dispersão da variação do processo (amplitude ou desvio-padrão) com a extensão dos limites especificados (determinados com base nos requisitos mínimos exigidos pela operação), conforme apresentados por MONTGOMERY & RUNGER (2003). Portanto calcula-se razão entre a abrangência da variação do processo e a abrangência dos limites especificados, obtendo assim a habilidade do

processo ser capaz de produzir resultados, produtos ou serviços dentro destes limites.

Além de apresentar distribuição de frequência normal ou normalizada, para se realizar a análise de capacidade do processo, os dados devem necessariamente estar sob controle estatístico, pois a análise de capacidade de processo fora de controle pode apresentar resultados incorretos.

Adotou-se como referência para o índice de capacidade (Cpk) o proposto por BONILLA (1994), sendo o processo classificado como “capaz” para índice igual ou superior a 1,33; “parcialmente capaz” entre 1,00 e 1,32; “incapaz” para índice inferior a 1,0.

Os limites – superior e inferior – especificados (LSE e LIE) e a meta a ser atingida são representados graficamente pelas linhas verticais no histograma de capacidade. Comparando o histograma com estas linhas, podem-se verificar a quantidade de observações próximas à meta e as observações que se encontram dentro dos limites especificados. Foram adotados os limites inferior e superior especificado (LIE e LSE), expostos na Tabela 1, para os indicadores de qualidade.

Tabela 1. Limites especificados para os indicadores de qualidade.

Indicador de qualidade	LIE	META	LSE
Consumo de Combustível	20	25	30

LIE (Limite Inferior Especificado), LSE (Limite Superior Especificado).

## 2.2. Controle estatístico de processo

A análise de variabilidade do desempenho operacional do conjunto trator- implementos foi realizada por meio do controle estatístico com auxílio do programa Minitab® 16. As ferramentas utilizadas foram cartas de controle por variáveis (*control charts*), utilizando como indicadores de qualidade a variável anteriormente descrita.

O modelo de carta de controle selecionado para análise do estudo foi de “Individual de Amplitude Móvel” (*I-MR: Individual Moving Range*), que contém dois gráficos, (Figura 1): o primeiro correspondendo aos valores individuais amostrados

em cada ponto, e o segundo, obtido pela amplitude calculadas entre duas observações sucessivas. Os limites de controle foram estabelecidos considerando-se a variação dos resultados devido a causas não-controladas no processo (causas especiais), tendo sido calculados com base no desvio padrão das variáveis, como demonstrado nas equações (1) e (2).

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad \text{-----} \quad (2)$$

em que,

LSC = limite superior de controle;

$\bar{x}$  = média geral da variável;

$\sigma$  = desvio-padrão; e

LIC = limite inferior de controle.

Quando o cálculo do limite inferior de controle resultou em valores negativos, o mesmo foi considerado com valor nulo (LIC = 0), uma vez que para a variável em estudo os valores negativos não possuem nenhum significado físico.

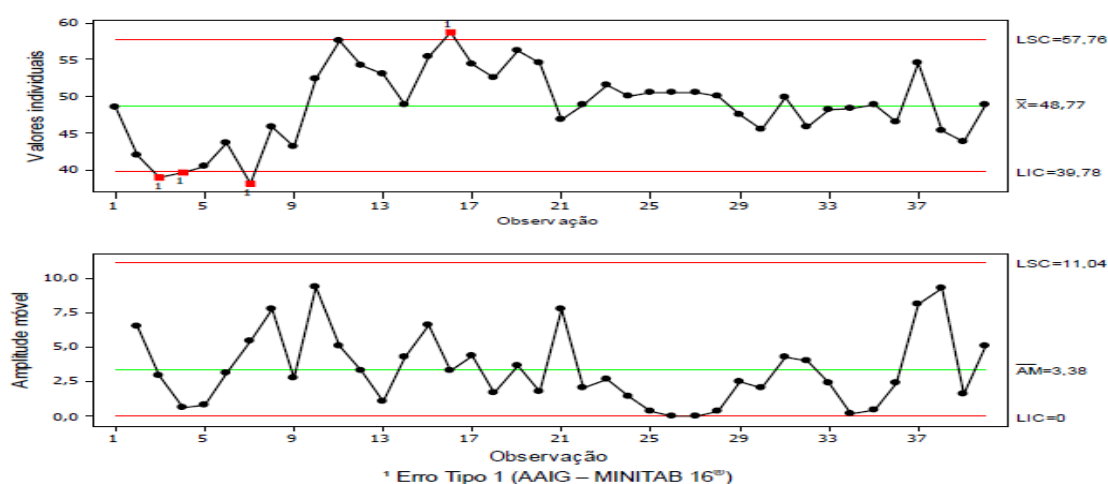


Figura 1. Modelo de carta de controle de amplitude móvel

Para testar a ocorrência de causas especiais, utilizou-se o teste do “*Automotive Industry Action Group (AIAG)*” sendo considerado na execução do teste somente o erro do “Tipo 1”, que considera como fora dos limites de controle, todo e qualquer ponto maior ou menor que a média, mais três vezes o desvio-padrão.

Quando uma observação apresenta falha no teste para causas especiais, o ponto é destacado na carta de controle, indicando variação não-aleatória nos resultados que deverá ser investigada. Neste caso, o processo é dito “instável” ou “fora de controle”. Caso nenhum ponto seja destacado na carta de controle, considera-se que não existem causas especiais de variação e, conseqüentemente, o processo será considerado “estável” ou “sob controle estatístico”.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Análise Descritiva

As variáveis avaliadas como indicativo da qualidade da operação na cultura da cana-de-açúcar, sendo elas, reboque, grade intermediária, grade pesada e subsolagem apresentaram distribuição normal de probabilidade de acordo com o teste de Anderson-Darling, exceto a operação de gradagem pesada, que apresentou valor menor 0,05.

Tabela 2. Análise da estatística descritiva para o indicativo da qualidade da operação na cultura de cana de açúcar (consumo de combustível).

Operação		M	V	CV	Mi	Ma	AD
Reboque (L h <sup>-1</sup> )	21,876	21,000	23,415	22,120	12,000	31,000	N
Grade Intermediária (L h <sup>-1</sup> )	23,154	22,991	28,067	22,880	12,995	37,014	A
Grade Pesada (L h <sup>-1</sup> )	25,521	25,493	34,027	22,860	11,002	37,995	N
Subsolador (L h <sup>-1</sup> )	27,955	27,000	45,858	24,220	12,000	41,022	N

- Média; M – Mediana; V – Variância; CV – Coeficiente de Variação; Mi – Mínimo; Ma – Máximo; AD – Teste de normalidade de Anderson-Darling (N: distribuição normal –  $p > 0,05$ ; A: distribuição assimétrica –  $p < 0,05$ )

Apesar de a distribuição ser considerada normal para algumas das variáveis, podemos observar altos valores para a variância e coeficiente de variação, além dos valores da média estar discrepante aos valores requeridos para cada operação.

Associado a esses valores apresentados, podemos ressaltar que, as operações avaliadas, a sua qualidade existem uma grande variabilidade de fatores que afetam o desempenho de um trator e que contribuem para essa variabilidade no consumo de combustível.

## 2. Controle estatístico de qualidade

O consumo de combustível horário em diferentes operações (Figura 2) se mantiveram sob controle de qualidade, exceto para a operação de gradagem intermediária (Figura 2A), onde o ponto setenta encontra-se acima do limite superior.

Todas as operações apresentaram grande variabilidade de consumo, isso pode ser devido ao longo período de coleta de dados, onde as condições climáticas mudam consideravelmente, além de outros fatores, como cobertura de solo, resistência a penetração, teor de água, declividade e outros pontos que podem levar a alteração de consumo de combustível.

As operações de gradagem pesada, gradagem intermediária, subsolagem e reboque obtiveram médias de 25,52; 23,15; 27,95 e 21,88 L h<sup>-1</sup> respectivamente.

As cartas de amplitude móvel para a operação de gradagem intermediária apresentam quatro pontos ficaram acima do limite superior (Figura 2A), mostrando que a operação está fora dos limites de controle, havendo grande variabilidade do consumo de combustível horário. Essa instabilidade pode ser associada a alguns fatores, como, trator não equilibrado de forma correta para essa operação afetando diretamente o seu consumo; a operação ser realizada com fatores desfavoráveis, como umidade do solo, nível de compactação e/ou até o uso incorreto do implemento.

Os dados coletados evidenciam que, na unidade produtiva, o processo apresenta dentro dos padrões de qualidade, mas que existe alta variabilidade de consumo de combustível, em todas as operações aqui estudadas. Isso pode ser associado o não levar em conta os fatores que influenciam no desempenho do trator para ser gerenciados de forma eficaz, que conseqüentemente reduziria o consumo de combustível e que por sua vez, contribuirá com o aumento da lucratividade da empresa.



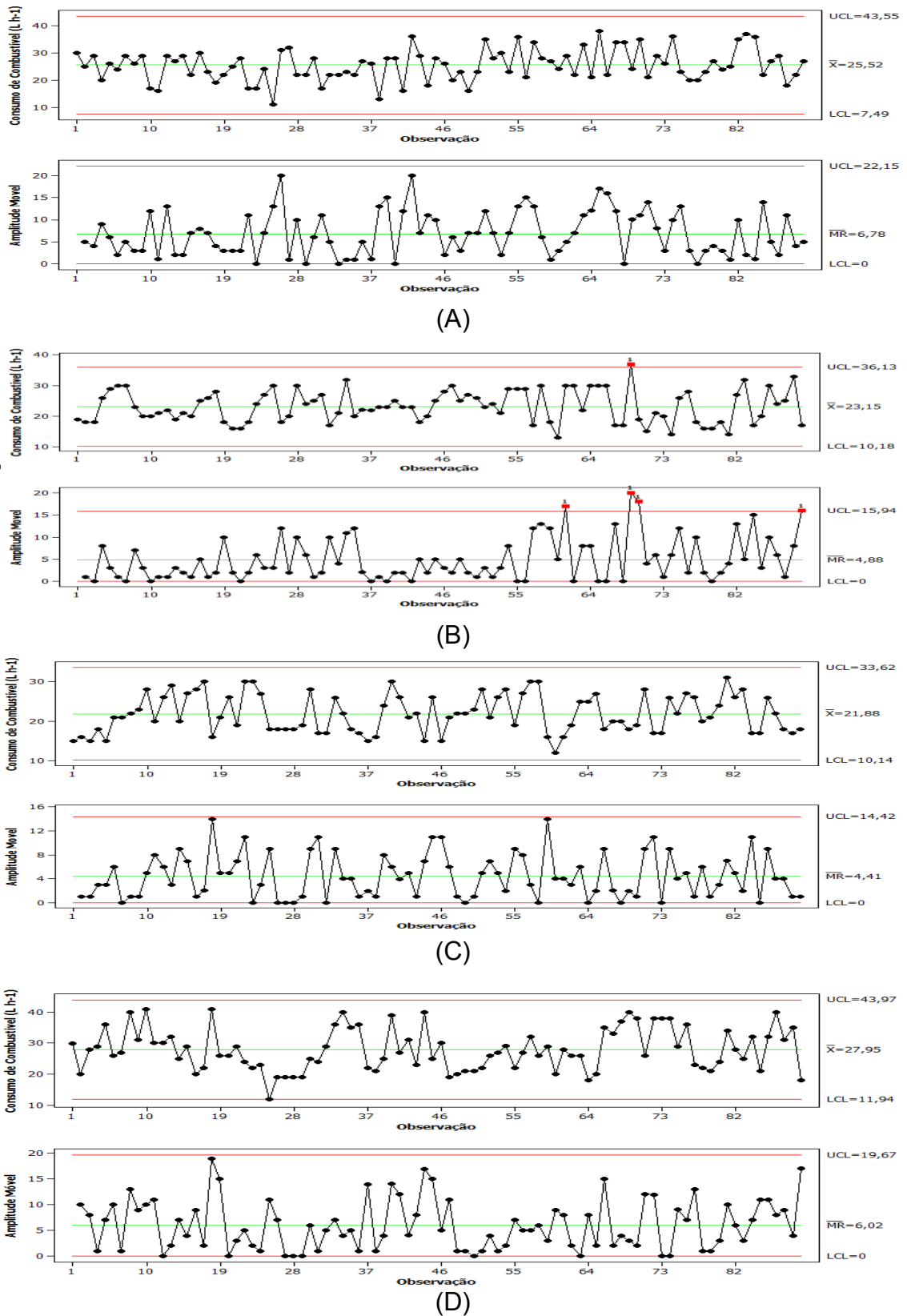


Figura 2. Cartas de Controle das operações agrícolas, sendo gradagem intermediária (A), gradagem pesada (B), subsolagem (C) e reboque (D).

A operação com a grade pesada (Figura 2B) manteve-se dentro dos limites inferiores e superiores apresentados. Contando que durante o período de coleta, houve variações de condições climáticas, sendo temperatura, umidade, condições de solo (diferentes coberturas), que podem influenciar a variação entre os limites superior e inferior. A carta de amplitude móvel, apresentam claramente a grande variabilidade entre pontos evidenciando que o processo não buscava uma centralização dos valores, indicando que os fatores externos influenciam na qualidade da operação.

Analisando a carta de controle de consumo de combustível da operação de gradagem intermediária (Figura 2A), ocorreu instabilidade devido ao ponto acima do limite superior. Porém, analisando a carta de amplitude móvel, encontramos um número maior de pontos acima do limite superior, mostrando que a operação analisada encontra-se instável ou fora de controle. Podemos observar, próximo ao ponto 28 da carta de amplitude móvel uma grande diferença entre dois pontos, isso pode ser associado a alguns fatores como, umidade do solo entre períodos de coleta, ou até mesmo a troca de operadores, que influencia drasticamente o consumo de combustível.

A operação de subsolagem (Figura 2C) apresentou-se estável com todas as amostras dentro dos limites inferior e superior. Essa grande variação do consumo de combustível nesta operação se dá devido ser uma operação de descompactação do solo, na qual a cultura da cana-de-açúcar apresenta histórico de elevada compactação, devido à mecanização das operações e principalmente da colheita.

A operação de subsolagem exige força maior na barra de tração do que outras operações. Alguns fatores externos, como por exemplo, o teor de água no solo, faz com que exija uma força maior do conjunto, porém, um alto teor de água no solo faz com que o trator tenha um alto índice de patinação, diminuindo a eficiência do conjunto, aumentando o consumo de combustível.

Quando o solo está mais seco, tende a haver maior atrito com os pneus, causados pela sustentação do solo, fazendo com que o conjunto trator-subsolador desloque-se com maior velocidade do que quando o solo está mais úmido. O solo mais úmido pode deixar o rodado aprofundar mais e assim aumentar a resistência ao rolamento, diminuindo a velocidade de trabalho. Este fato também foi observado

por SASAKI & GONÇALVES (2005), que trabalharam com subsolador de haste única em três tipos de LATOSSOLO VERMELHO, de textura média, argilosa e muito argilosa.

A operação de reboque (Figura 2D) apresentou-se sobre controle, pois não apresenta nenhum ponto acima ou abaixo dos limites apresentados.

A variabilidade de consumo nesta operação se deve ao peso das cargas das carretas, que são tracionadas pelo trator. Essa carga pode variar o peso por alguns motivos como, quantidade de palha que contem a carga, quanto mais palha, menor será o peso da carga, quantidade de impurezas mineral que, quando maior o percentual, maior será o peso da carga.

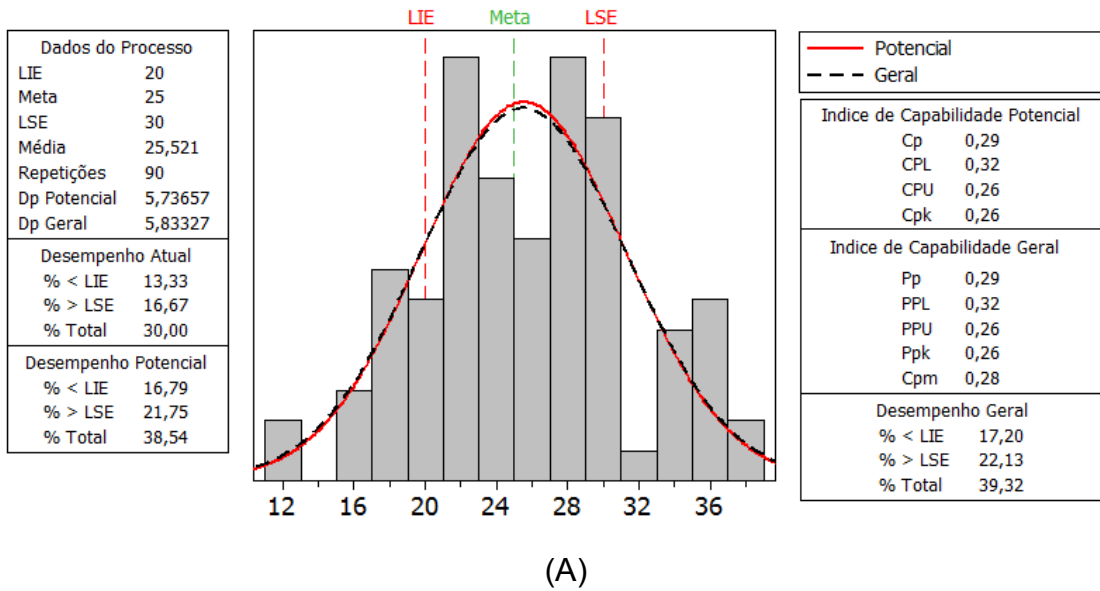
A rotação do motor para se atingir a potência efetiva máxima, neste modelo de trator, é de 2200 rpm de acordo com o manual técnico da máquina, indicando que a potência foi utilizada próximo à condição máxima, o torque nesta situação é reduzido. Uma vez que o trator trabalha próximo à rotação de potência máxima, o que leva ao maior consumo horário e menor torque. Barbosa et al. (2008) utilizando um motor de aproximadamente 58 kW de potência, relataram que à medida que aumenta a rotação do motor até a rotação de potência máxima, com uso de óleo diesel, o consumo de combustível sofre um incremento.

### 3. Análise da capacidade do consumo de combustível

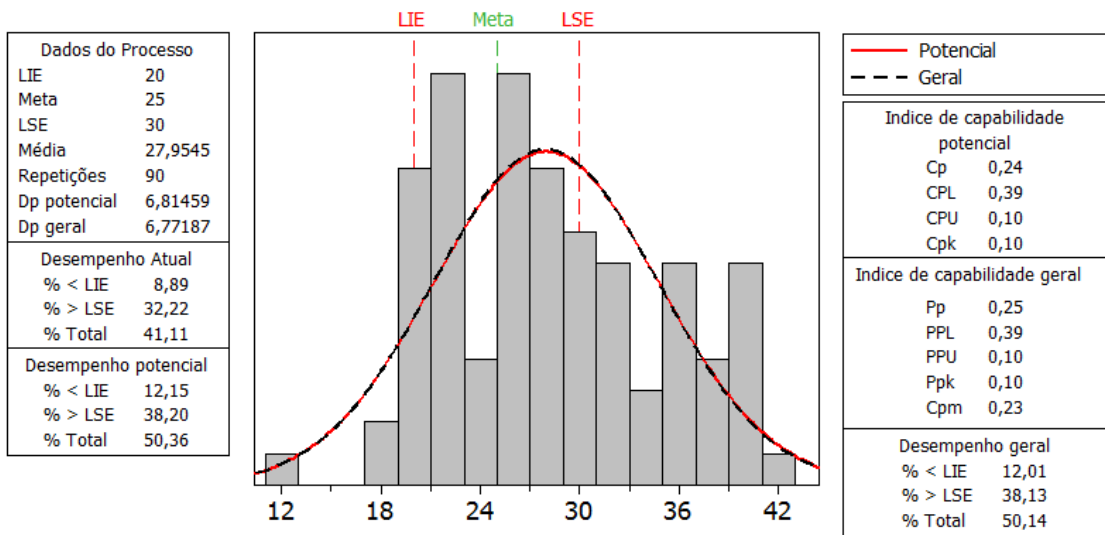
A capacidade do processo é o nível de uniformidade que determinado produto é capaz de reproduzir, isto é, não diz respeito a quanto o processo é satisfatório, mas o que o processo é capaz de realizar, indicando também qual é o nível real de qualidade que o processo é capaz de produzir a curto e em longo prazo. (SOUZA, 2003).

O indicador de qualidade da operação de gradagem intermediária não apresentaram as duas premissas básicas para a análise da capacidade do processo, que são a normalidade (Tabela 2) e estabilidade do processo, tornando-a, assim, inviável esta análise por não representarem com confiabilidade determinados índices de capacidade. Ressalta-se ainda nos gráficos de capacidade apresentados a seguir, as siglas “Dp geral” representam o desvio padrão potencial e o desvio padrão geral, respectivamente.

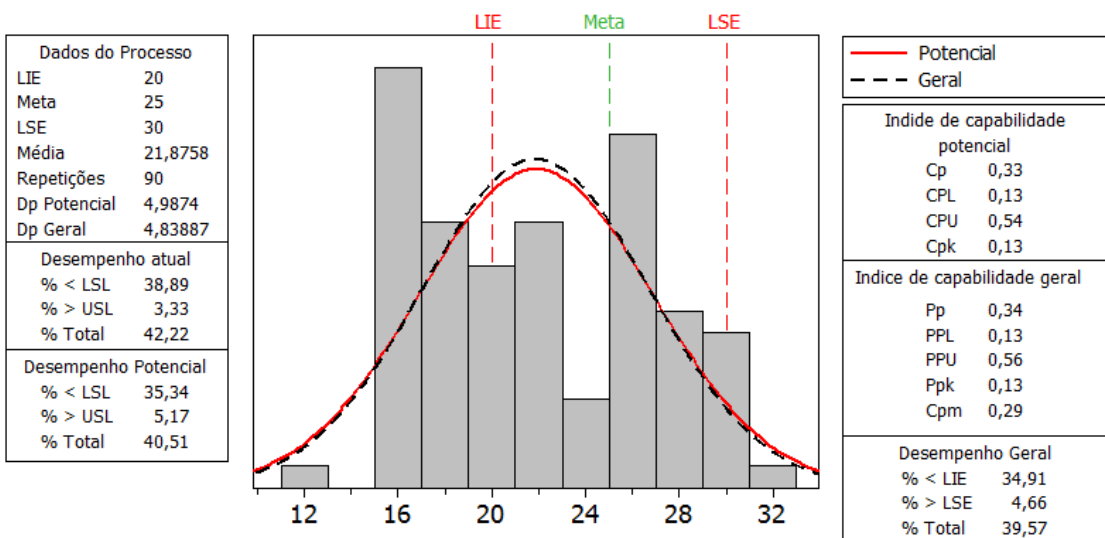
Para o indicador de qualidade gradagem pesada houve a aproximação das curvas de distribuição potencial e geral, sendo evidenciado pela igualdade dos índices Cp (Índice de capacidade potencial) e Pp (Índice de capacidade geral), resultando na potência produção de itens satisfatórios produzidos por um período maior de tempo (Figura 3).



(A)



(B)



(C)

Figura 3. Análise de Capacidade das operações, sendo gradagem pesada (A), subsolagem (B) e reboque (C).

Observou-se pelo desempenho atual do processo que houve observações fora dos limites especificados (LIE e LSE) totalizando 30%. Entretanto, os índices de capacidade ( $C_p = 0,29$  e  $P_p = 0,29$ ) foram inferiores ao estipulado como incapaz ( $< 1,00$ ), sendo considerado incapaz de produzir resultados dentro dos limites específicos a curto e logo prazo.

O índice  $C_{pk}$  ( $0,26$ ) é inferior ao  $C_{pm}$  ( $0,28$ ) confirmando a centralização do processo e indicando que a média geral está dentro das especificações, ou seja, entre os LIE e LSE.

Quanto à capacidade do processo da subsolagem (Figura 3B), apesar da proximidade apresentada pelas curvas de distribuição potencial e geral, o processo apresenta uma leve descentralização em relação a meta especificada, podendo ser analisado pela proximidade dos valores  $C_p$  ( $0,24$ ),  $P_p$  ( $0,25$ ) e  $C_{pm}$  ( $0,23$ ).

Os índices  $C_{pk}$  e  $P_{pk}$  apresentam valores baixos ( $0,10$ ), sendo indicativos de que o processo está centralizado, mas existe uma variabilidade fora dos limites específicos, confirmados pelo desempenho geral do processo, com um total de 50,14% das observações. O processo representa que mesmo se estes valores possuírem distribuição normal e o processo for estável, existirá variação entre os pontos amostrais, ou seja, dificilmente o processo atingirá a plena capacidade do processo.

Do mesmo modo, a capacidade do processo na operação de reboque (Figura 3C), apresenta resultados semelhantes ao processo anterior. Verificando que existe uma descentralização em relação a meta, observando-se a proximidade dos índices  $C_p$  ( $0,33$ ),  $P_p$  ( $0,34$ ) e  $C_{pm}$  ( $0,29$ ).

Czarski e Matusiewicz (2012) utilizando técnicas do controle estatístico em associação com um sistema de análise de medidas, também constataram o processo como incapaz de produzir itens satisfatórios, independentemente da centralização do processo na meta.

Pela análise da Figura 3, constata-se que, o valor do índice de capacidade potencial, no caso,  $C_p$  é levemente superior em relação ao índice  $C_{pk}$ , situação esta que, pela proximidade destes valores com o  $C_{pm}$  ( $0,29$ ), o processo pode ser considerado como centralizado na meta pretendida. No entanto, estes índices continuam inferiores a 1,33 o que retrata, que o processo é incapaz de produzir

resultados satisfatórios, seguindo as especificações desejadas. Tal comparação entre os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  e  $P_p$  e  $P_{pk}$  é fundamental, pois o  $C_{pk}$  e  $P_{pk}$  sozinhos não conseguem representar com precisão a centralização do processo, e caso estes fossem utilizados quando o desvio padrão das observações é mínimo, o valor  $C_{pk}$  e  $P_{pk}$  seriam elevados, pois possuem relação inversamente proporcional na sua base de cálculo, sendo que isolado estes valores não dizem nada sobre a média entre as especificações (MONTGOMERY, 2004).

## V. CONCLUSÕES

Todas as operações avaliadas apresentaram valores fora dos padrões de qualidade exigidos e incapazes na avaliação do processo.

A operação de gradagem intermediária manteve-se fora de controle, evidenciando total falta de controle dos fatores que afetam o desempenho.

As operações de gradagem pesada, subsolagem e reboque, mesmo apresentando padrões de qualidade ainda possuem grande variabilidade do consumo de combustível.

A operação que apresentou maior consumo de combustível foi a subsolagem, seguida pela gradagem pesada, gradagem intermediária e reboque respectivamente.

O método de mensuração do consumo de combustível empregado não é considerado a melhor forma de avaliar, por isso, esses valores podem ter sido influenciados pelo método empregado.



## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACUÑA, R. R. D., MANTOVANI, E. C., MARTYN, P. J., BERTAUX, S. Comparação do coeficiente de tração e da eficiência tratória de um trator agrícola obtidos pela equação de Wismer e Luth e por ensaios de campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília: n. 4, v. 30, p. 523 - 530. 1995.

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. Agricultural machinery management EP 496.2 Standards 2005. 52a edition. St. Joseph: ASABE. 2005. 4p.

BARBOSA, R. L.; SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; VOLPATO, C. E. S. Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1588-1593, 2008.

BARGER E.L.; LILJEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; McKIBBEN, E.G. Tratores e seus motores. 1.ed. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 398 p.

CORDEIRO M.A.L. Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento. Botucatu, UNESP-FCA, 2000. 153p. Tese (Doutorado em Agronomia - AC Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2000.

CORREA, I.M., LANÇAS, K.P. Desempenho operacional de pneus radiais de baixa pressão e pneus diagonais em trator 4x2 Aux. com a tração dianteira desligada. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 44-55, 2000.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 412 p.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FRANZ, C. A. B. Avaliação do desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas, com diferentes níveis de desgaste. Santa Maria-RS, 1988. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, 1988.

Grisso, R. D.; Kocher, M. F.; Vaughan, D. H. Predicting tractor fuel consumption. *Applied Engineering in Agriculture*, v.20, n.5 p.553-561, 2004.

HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING 39., 2009, Troyes: Proceedings..., Troyes: IEEE Xplore, 2009. p. 1330-1334.

LANÇAS, K. P. Desempenho operacional de pneus radiais em função da pressão de inflação, da lastragem e do deslizamento das rodas de tratores agrícolas. Botucatu. 1996. Tese (Livre Docente) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

LEE, D. R., KIM, K. U. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. *Journal of Terramechanics*, nº 03, v. 34, p. 187 – 208, 1997.

LOPES, A., LANÇAS, K.P., FURLANI, C.E.A., NAGAOKA, A.K., CASTRO NETO, P., GROTTA, D.C.C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 382-386, 2003.

MANTOVANI, E. C., LEPLATOIS, M., INAMASSU, R. Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 7, p.1241-1246, 1999.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. dos; MORAES, M. L. B. de; ALONÇO, A. dos S. Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais. Pelotas: [s.n.], 1996. 229 p.

MAULE, R.F. et al. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MÁRQUEZ, L. Las transmisiones: el escalonamiento de las marchas. *Agrotécnica*, n.10, p.55-62, 2004. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2919153>>. Acesso em: 23 nov. 2013.

MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.

MCLAUGHLIN, N. B. et al. Energy inputs for conservation and conventional primary tillage implements in a clay loam soil. *Transactions of the ASABE*, Saint Joseph, v. 51, n. 4, p. 1153-1163, 2008.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 100 – 200.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 3. ed. New York: John Wiley e Sons, 1997. p. 120-250.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 300-377

MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley. 2009. p 179-268.

MONTANHA, G. K.; GUERRA S. P. S.; SANCHEZ P. A.; CAMPOS, F. H. e LANÇAS, K. P. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo

para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. Revista Energia na Agricultura. Botucatu, vol. 26, n.1, p.39-51, 2011

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. p. 300-377

NAGAOKA, A. K., NOMURA, R. H. C., BRÖRING, N., KITANO, N., JASPER, S. P. Avaliação do consumo de combustível, patinagem e capacidade de campo operacional na operação de semeadura da cultura de aveia preta (*Avena strigosa*) em três sistemas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. *Anais...* Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.

SALVADOR, N.; MION, R. L.; BENEZ, S. H. Requerimento energético e desagregação do solo em diferentes sistemas de preparo periódico num Latossolo Vermelho Amarelo. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v. 6, n. 4, p. 226-234, 1998.

SASAKI, C. M.; GONÇALVEZ, J. L. M.; Desempenho Operacional de um Subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. Scientia Forestalis, n. 69, p. 115 – 124, 2005.

SIEMENS, J.C.; BOWERS, W.W. Machinery management: how to select machinery to fit the real needs of farm managers. East Moline: John Deere Publishing, 1999. 5p.

SOUSA, R. V. de; LOPES, W. C.; INAMASU, R. Y. Automação de máquinas e implementos agrícolas: eletrônica embarcada, robótica e sistema de gestão de informação. p. 215-232, 2014

STEINBERGER, G.; ROTHMUND, M.; AUERNHAMMER, H. Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. Computers and Electronics in Agriculture, New York, v. 65, n. 2, p. 238-246, Mar. 2009. DOI: 10.1016/j.compag.2008.10.005.

SOUZA, R. A. Análise da qualidade de processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

VALE, W.G.; GARCIA, R.F.; THIEBAUT, J.T.L.; AMIM, R.T.; TOURINO, C.C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.30, n.4, 2008, p.441-448.

WESTERN ELECTRIC COMPANY. *Statistical quality control handbook*. New York: Mack Printing Company, 1956. p. 4-150.