

**CAPACIDADE DA OPERAÇÃO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR****Aline Spaggiari Alcântara<sup>1</sup>, Danilo Tedesco de Oliveira<sup>2</sup>, Rafael De Graaf Corrêa<sup>3</sup>, Lígia Negri Corrêa<sup>4</sup>, Carlos Eduardo, Angeli Furlani<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Aline Spaggiari Alcântara. Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Via de acesso Prof. Paulo Donato Catellane s/n Jaboticabal-SP/BR. (+55) 16 99227-5330. alinespaggiari@gmail.com

<sup>2</sup> Danilo Tedesco de Oliveira. Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC “Shunji Nishimura” Pompeia-SP, (14) 99773-3748, danilotedesco@outlook.com.

<sup>3</sup> Rafael De Graaf Corrêa. Mestrando em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Via de acesso Prof. Paulo Donato Catellane s/n Jaboticabal-SP/BR. (+55) 16 9 96008421. rafadegraaf@gmail.com

<sup>4</sup> Lígia Negri Corrêa. Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Via de acesso Prof. Paulo Donato Catellane s/n Jaboticabal-SP/BR. (+55) 16 9 96328892. ligia.negri@gmail.com

<sup>5</sup> Professor Titular da Universidade Estadual Paulista, Via de acesso Prof. Paulo Donato Catellane s/n Jaboticabal-SP/BR.

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** O agronegócio é um setor importante para a economia nacional, desta forma temos como desafio reduzir custos para aumentar nossa lucratividade. O consumo de combustível, pode chegar a 45% do custo de um equipamento agrícola e por isso devemos nos preocupar aos fatores que afetam sua eficiência. Portanto este trabalho objetivou avaliar a capacidade da operação na cultura da cana-de-açúcar, empregando o consumo de combustível como um indicador de qualidade. Foram utilizadas técnicas do gerenciamento da qualidade e cartas de capacidade do processo como método de avaliação indicando qual é o nível real de qualidade que o processo é capaz de produzir a curto e em longo prazo. 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 e no preparo do solo. A operação que apresentou maior consumo de combustível foi a subsolagem, seguida pela gradagem pesada, gradagem intermediária e reboque respectivamente. Todas apresentaram valores fora dos padrões de qualidade exigidos e incapazes na avaliação do processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo de combustível, Eficiência energética, Preparo do solo.

**CAPACITY OF OPERATION IN THE CULTURE OF SUGAR CANE**

**ABSTRACT:** Agribusiness is an important sector for a national economy, so we have the challenge of reducing costs to increase our profitability. Fuel consumption can reach 45% of the cost of an agricultural equipment and so we should care about their products that affect their efficiency. Therefore, this work aimed to evaluate the operational capacity in the sugarcane crop, using fuel consumption as an indicator of quality. Provision of quality management techniques and quality of process capability, as an evaluation method that indicates the level of process quality. Fuel consumption in subsoils, in two types of harrowing (heavy and intermediate) and towing of trailers were analyzed. The operation that presents higher fuel consumption for a subsection, followed by heavy gradation, intermediate gradation and trailer respectively. All presented values for the quality standards required and incapable of evaluating the process.

**KEYWORDS:** Fuel consumption, Energy efficiency, Soil preparation.

**INTRODUÇÃO:** 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.

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 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)

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 várias operações tais como subsolagem, gradagem e reboque, utilizando técnicas do gerenciamento da qualidade e cartas de controle estatístico das operações agrícolas.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

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). 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 e no preparo do solo.

Para a avaliação do consumo de combustível foi utilizado um trator 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar) com potência de 165,6 Kw (225 cv). 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. 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. 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. 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.

A cada abastecida dos tratores, os lubrificadores, inseriam os dados de quantidade de óleo diesel abastecido (limite respeitado pelo fabricante) e o hodômetro 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 às 07:00, 15:00 e às 23:00, durante 30 dias, totalizando 90 amostras.

A 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). 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.

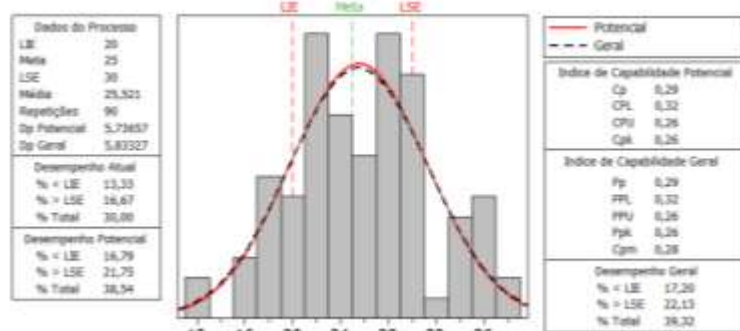
Tabela 1. Limites especificados para os indicadores de qualidade.

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

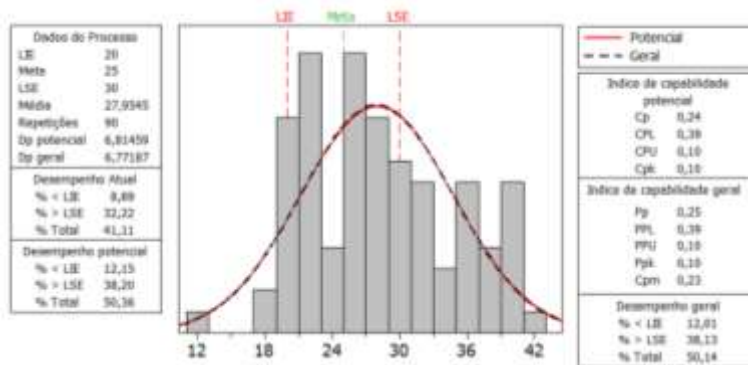
LIE (Limite Inferior Especificado), LSE (Limite Superior Especificado).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** 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).

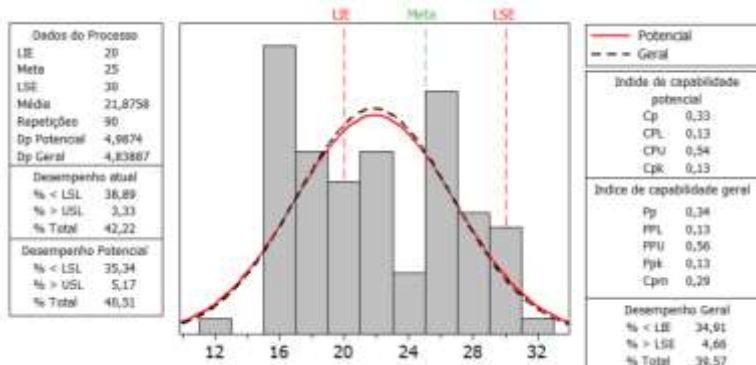
O indicador de qualidade da operação de gradagem intermediária não apresentaram as duas premissas básicas para a análise da capacidade do processo, que são a normalidade e estabilidade do processo, tornando-a, assim, inviável esta análise. Para o indicador de qualidade gradagem pesada houve a aproximação 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 1).



(A)



(B)



(C)

Figura 1. 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 1C), 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 1, 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, 2009).

**CONCLUSÕES:** As operações foram consideradas estáveis, exceto a gradagem intermediária pois as operações foram consideradas incapazes de terem resultados dentro dos limites especificados.

## REFERÊNCIAS

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 412 p.
- 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.
- MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722p.
- 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.
- MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley. 2009. p 179-268.