

# ENGENHARIA AGRÍCOLA

## QUALIDADE OPERACIONAL DO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR <sup>(1)</sup>

FERNANDO FERRAZ BARROS <sup>(2)</sup>, MARCOS MILAN <sup>(3\*)</sup>

### RESUMO

O bom preparo e a correção do solo associados à boa qualidade no plantio são necessários para proporcionar o desenvolvimento adequado da cultura da cana-de-açúcar e garantir a longevidade das soqueiras. A importância das operações para o desenvolvimento na cultura e os custos associados a essas operações foram os fatores que determinaram o desenvolvimento deste trabalho cujo objetivo é o de identificar os fatores críticos e analisar o processo de melhoria contínua no plantio da cana-de-açúcar. Para tanto, o trabalho foi dividido em três etapas: definição dos itens críticos; avaliação dos itens e propostas de melhorias; início e avaliação das melhorias. Para a definição dos itens críticos aplicou-se o método FMEA e a avaliação foi realizada por meio de histogramas e carta de controle. No início das melhorias, utilizaram-se os princípios do ciclo PDCA. Obtiveram-se dezesseis itens críticos (potenciais de falha) e desses, dois foram avaliados. Com as melhorias, observou-se aumento dos valores dentro dos limites desejados, porém os itens analisados foram considerados como instáveis.

**Palavras-chave:** Mecanização Agrícola, Controle Estatístico do Processo, FMEA.

### ABSTRACT

#### OPERATIONAL QUALITY OF SUGAR CANE PLANTING

The association of a good soil correction and tillage, to the good quality on planting provides the proper development for sugar cane crop and guarantees the ratoon longevity. Cost and importance of these operations for the crop development determined the execution of this work, which is to identify the critical factors and to analyze the process of successive improvement on sugar cane planting. For that the work was divided in three steps: the definition of critical items; the evaluation of these items and purposes of improvement; establishment and evaluation of these improvements. FMEA method was applied for the definition of critical items and the evaluation was conducted by histograms and a control chart. Principles of PDCA circle were used for the establishment of these improvements. There were sixteen items (potentials of failures) and two of them were evaluated. It was possible to observe an increasing of the values within the expected limits, with the establishment of the improvements. However, the analyzed items were considered as instable.

**Key words:** Agricultural Mechanization, Statistical Process Control, FMEA.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 8 de agosto de 2008 e aceito em 21 de julho de 2009.

<sup>(2)</sup> Mestrando em Máquinas Agrícolas, Escola Superior "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: ferrazbarros@yahoo.com.br.

<sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Caixa Postal 09, 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: macmilan@esalq.usp.br (\*) Autor correspondente.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2007), a previsão da produção nacional de cana-de-açúcar destinada à indústria sucroalcooleira, para a safra 2007/2008, é de 475 milhões de toneladas em uma de 6,96 milhões de hectares, com 53,0% da produção destinada à fabricação de álcool e 47,0% de açúcar. Para essa safra, ocorreu aumento de 10,5% na produção, quando comparada à anterior e à área de plantio com expansão de 7,4%. O Estado de São Paulo é responsável por 58,6% da produção brasileira.

BEAUCLAIR e SCARPARI (2006) apresentam as etapas do desenvolvimento inicial da cultura, relacionando as necessidades fisiológicas da planta com as práticas usuais para o plantio. Para os autores, o plantio é a prática que mais envolve o conhecimento das relações solo-planta-atmosfera. A interação entre esses fatores pode ditar o sucesso ou o fracasso de todo o ciclo da cultura que, normalmente, é de cinco a seis anos. De acordo com CÂMARA (1993), proporcionar as condições necessárias ao desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, bem como o crescimento radicular e a brotação, o que corresponde à fase fenológica 1 da cultura, contribui positivamente para o aumento da produtividade e influencia diretamente na longevidade do canavial.

COLETI e STUPELLO (2006) abordam que as principais atividades envolvendo as operações de plantio são o espaçamento entre fileiras, a profundidade do sulco, a época de plantio, a quantidade de mudas e os cuidados necessários que envolvem essas operações. Os autores salientam a importância das operações no início e que exigem bom planejamento e muito conhecimento técnico. As tomadas de decisões nessa fase vão influenciar todo o ciclo e o processo de plantio destaca-se pelos elevados custos envolvidos. Os custos estão associados ao fato de a cultura possuir um ciclo econômico de cinco cortes, ou cinco anos em média, ocorrendo, após este período, a renovação dos canaviais. A renovação é de extrema importância, pois se for realizada com qualidade inferior, o ciclo econômico da cultura pode ser reduzido e, conseqüentemente, diminuir-se o retorno financeiro ao longo do tempo.

A operação agrícola executada fora dos padrões estabelecidos pode influenciar na qualidade do processo, comprometendo sua continuidade. O controle da qualidade deve ser feito por meio de um conjunto de procedimentos, que promovam serviços e resultados, atendendo às exigências das máquinas e dos processos (PECHE FILHO, 1994). CAMPOS (2007) avaliou a qualidade do espaçamento entre sulcos para dois métodos de orientação da operação de sulcação,

utilizando ou não o piloto automático. Ambos os métodos ficaram fora de controle, não atendendo as especificações para a operação.

Tendo em vista a importância da melhoria da qualidade no plantio para o aumento da produtividade e da longevidade dos canaviais e o reflexo nos custos, o objetivo deste trabalho foi identificar os fatores críticos, desenvolver o processo de melhoria contínua e analisar os efeitos no plantio da cana-de-açúcar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Sud Mennucci (SP), com latitude de 20°41', longitude de 50°55' e altitude de 386 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco; a temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C. O mês mais seco tem precipitação pluvial inferior a 60 mm. Durante a safra 2007/2008, a empresa processou aproximadamente 1,35 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, tendo como principais produtos o álcool, o açúcar e a energia elétrica, gerada a partir da queima do bagaço da cana.

O trabalho foi dividido em três etapas (Figura 1): definição dos indicadores críticos; avaliação dos itens e propostas de melhorias; implantação e avaliação das melhorias. Para apoiar o desenvolvimento do trabalho foi formada uma equipe com os profissionais pertencentes ao quadro de funcionários da empresa, denominada equipe técnica. Esta equipe constituiu-se de dois engenheiros agrônomos, responsáveis pelo suporte técnico da usina e sete técnicos agrícolas, coordenadores das áreas de: preparo de solo, transporte, plantio e colheita mecanizada, plantio semimecanizado, operações com piloto automático, adubação e tratamentos culturais e topografia.

**Etapa 1** - definição dos indicadores críticos (Figura 1) consiste de cinco fases<sup>(4)</sup>. Ela se inicia com a caracterização do processo de produção e plantio da cana-de-açúcar, realizado por meio da elaboração do fluxograma (1) e identificação da relação cliente - fornecedor (2), com base na metodologia de CAMPOS (1998). As possíveis falhas que poderiam ocorrer no plantio (3) foram determinadas, utilizando-se a técnica do "brainstorming" não estruturado, em que todos os participantes de uma equipe têm a oportunidade de contribuir com suas idéias de forma livre (MATOS, 2004).

<sup>(4)</sup> Os números entre parênteses referem-se às fases das etapas 1, 2 e 3 na figura 1.

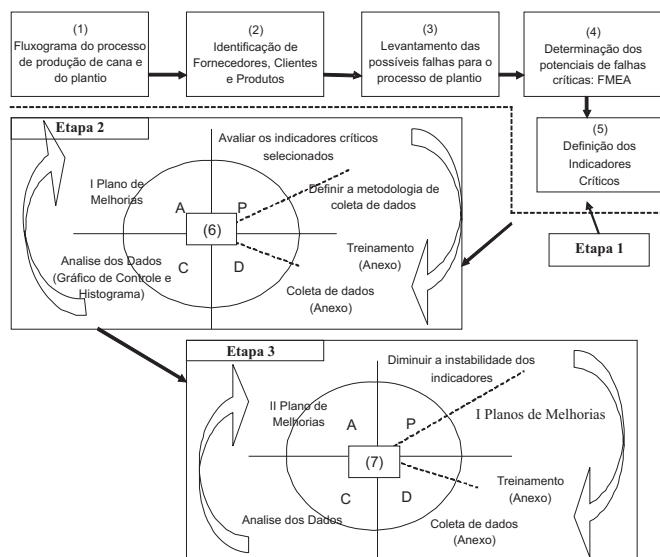


Figura 1. Etapas de execução do trabalho.

Posteriormente, determinaram-se os potenciais de falhas críticas (4) através de uma adaptação do método FMEA (*Failure mode and effect analysis* ou análise de modo e efeitos de falha). Levou-se em consideração a gravidade ou severidade da falha no processo, a frequência em que ocorre e a facilidade de detecção. O índice de prioridade de risco (IPR) foi determinado de acordo com a equação (1) e os seus valores classificados em ordem decrescente.

$$IPR = Sv \times Oc \times Dt \quad (1)$$

Em que:

$IPR$  = Índice de prioridade de risco

$Sv$  = Índice de severidade

$Oc$  = Índice de ocorrência

$Dt$  = Índice de detecção

Na tabela 1, são apresentados os critérios e os índices para avaliação das possíveis falhas, referentes à severidade, ocorrência e detecção.

Em comum acordo com a equipe técnica, utilizaram-se dois critérios para a definição dos indicadores críticos a serem analisados. O primeiro foi por meio da pontuação do IPR (Índice de prioridade de risco) atribuída às principais falhas críticas. Todas as falhas com valores acima de 27 pontos foram consideradas passíveis de serem analisadas. O valor limite representa uma falha prejudicial (severidade), que ocorre com certa frequência (ocorrência) e moderadamente detectável (detecção). O segundo critério, características de obtenção, foi levar em consideração o número e o tamanho das amostras, a disponibilidade de mão-de-

obra da empresa, o custo e o tempo necessário para a obtenção dos dados. Com base nos dois critérios, pontuação e características de obtenção, definiram-se os indicadores críticos do processo de plantio a serem analisados (5).

Tabela 1. Critérios e índices para avaliação das possíveis falhas

Critérios	Índice	Descrição
Severidade	1	Sem gravidade
	2	Pouco prejudicial
	3	Prejudicial
	4	Muito prejudicial
	5	Altamente prejudicial
Ocorrência	1	Difícil de ocorrer
	2	Ocorre pouco
	3	Ocorre com certa frequência
	4	Ocorre muito
	5	Ocorre com alta frequência
Detecção	1	Fácil de detectar
	2	Detectável
	3	Moderadamente detectável
	4	Baixa detecção
	5	Muito difícil de detectar

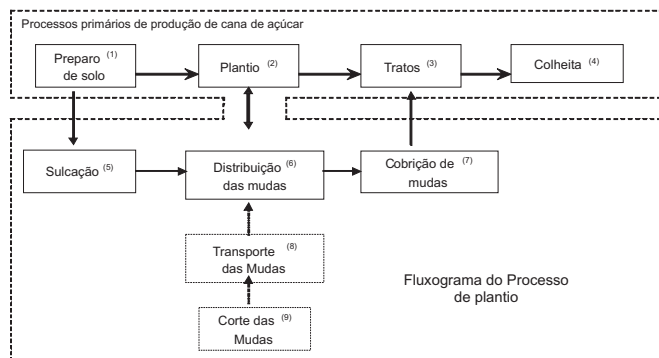
Adaptado de MATOS (2004).

**Etapa 2** (fase 6 da Figura 1) - denominada avaliação dos indicadores e propostas de melhorias, é fundamentada no ciclo do PDCA (ciclo de Deming). Nessa etapa, o objetivo é avaliar e analisar os indicadores estabelecidos na fase 5. Para tanto, define-se a metodologia para se atingir esse propósito, de acordo com o indicador crítico a ser analisado (P: *plan*-planejar). A seguir, realiza-se o treinamento dessa metodologia com a equipe e, posteriormente, os dados são coletados (D: *do*-fazer). A avaliação é feita (C: *check*-checar), com base nos dados coletados, utilizando-se histogramas e gráfico de controle (ou de comportamento de processo), proposto por VIEIRA (1999). Posteriormente, elabora-se um plano de melhorias para o plantio (A: *action*-agir), visando melhorar ou padronizar a operação.

Caso a etapa 2 indique um processo imprevisível dá-se início à etapa 3 (7), início e avaliação das melhorias (Figura 1). Essa etapa, também é baseada no ciclo PDCA e tem como objetivo (P) diminuir a instabilidade dos indicadores, por meio das ações propostas no plano de melhorias, elaborado na etapa 2. Essas ações são executadas (D) e analisadas (C). No caso do processo ainda ser considerado imprevisível, propõe-se outro plano (A) buscando a melhoria contínua.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, verifica-se o fluxograma do plantio. O fluxograma foi desenvolvido pela equipe técnica para as condições da empresa, associado aos processos primários de produção de cana-de-açúcar. As setas representam as ligações diretas entre os fornecedores com os seus respectivos clientes.



**Figura 2.** Fluxograma de produção de cana-de-açúcar e de plantio.

O macroprocesso de produção de cana-de-açúcar, referente à situação analisada, é composto pelas operações (5) de preparo de solo (1), plantio (2), tratos culturais (3) e colheita (4). A sulcação (5), a distribuição (6), a cobrição (7), o transporte (8) e o corte das mudas (9) representam as cinco operações do processo de plantio da cana-de-açúcar. O transporte e o corte de mudas não têm ligação direta com a sulcação. A execução dessas operações não influencia na sulcação e o inverso também é válido, porém o transporte e o corte de mudas são importantes para o plantio.

A distribuição e a cobrição de mudas têm ligação direta com a sulcação, o transporte e o corte de mudas. Uma sulcação fora dos padrões estabelecidos, um corte realizado de forma errada, uma palha não retirada de forma correta dos colmos das mudas, influenciam diretamente na qualidade e no produto final das operações (6) e (7), afetando diretamente a qualidade do plantio.

Para a sulcação (5), considerou-se como produto um solo bem preparado, sem a presença de plantas daninhas, com ausência de "torrões" e os sulcos de plantio abertos nas dimensões definidas: profundidade, largura e distância entre sulcos. Os tratos culturais (3), a colheita (4), a distribuição (6) e a cobrição de mudas (7) são os clientes da sulcação e o principal fornecedor é o preparo de solo (1). A execução do processo de preparo do solo fora das

recomendações agrônômicas estabelecidas compromete totalmente o processo de sulcação e seus respectivos clientes. No caso da distribuição das mudas (6) de cana-de-açúcar, o produto é a muda distribuída, acomodada e fracionada em rebolos dentro do sulco de plantio, com número de gemas por metro linear que não proporcione falhas. Os clientes são os tratos culturais (3), a colheita (4) e a cobrição de mudas (7). Seus fornecedores são o preparo de solo (1), a sulcação (5), o transporte de mudas (8) e o corte (9). Uma distribuição de mudas fora do padrão especificado afeta de forma muito grave o processo de produção de cana, pois pode comprometer a vida útil do canavial, devido à grande quantidade de falhas, ou aumentar o custo de produção pelo excesso de mudas utilizadas por unidade de área. O produto da cobrição de mudas (7) foi considerado como sulco de plantio, com os rebolos de cana cobertos com uma camada de solo, de tal forma a não se deixar rebolos, ou parte destes, descobertos, com ausência de "torrão" e sem presença de plantas daninhas. Os rebolos devem estar tratados com inseticidas. Esse processo tem como clientes os tratos culturais (3) e a colheita (4) e os fornecedores são a sulcação (5), a distribuição das mudas (6) no plantio, o transporte (8) e o corte (9). De acordo com a equipe técnica, a cobrição das mudas é fortemente afetada se o produto entregue pelos fornecedores não apresentar a qualidade desejada ou estiver fora dos padrões de especificação, podendo acarretar em grandes prejuízos para o desenvolvimento da cultura.

Em relação ao corte das mudas (9), os produtos desejados são os colmos aleirados e amontoados, com altura padrão do ponto de corte, da parte superior à base do colmo, sem as folhas dos ponteiros e danificação das gemas laterais. Os clientes são: a distribuição (6); a cobrição das mudas (7); os tratos culturais (3); a colheita (4); o transporte (8). O fornecedor é o próprio processo de plantio, porém, neste caso, o plantio foi executado no ano anterior e as mudas são retiradas com idade de 10 meses. O processo de transporte de mudas (8) tem como produto os colmos de cana carregados e transportados do local de corte até o plantio. Os clientes são a distribuição (6), a cobrição das mudas (7), os tratos culturais (3) e a colheita (4). O único fornecedor é o corte de mudas (9). Para este processo o objetivo é que o corte das mudas seja realizado o mais próximo possível do talhão a ser plantado evitando-se assim os altos custos relacionados ao transporte.

Após a definição dos fornecedores, produtos e clientes, determinaram-se as possíveis falhas que podem ocorrer nos processos envolvidos com o plantio. Com as notas referentes à severidade, ocorrência e detecção obteve-se o índice de prioridade de risco para cada falha (Tabela 2). Observa-se que os processos com maiores números de falhas foram a sulcação, a distribuição e a cobrição das mudas, com 8, 3 e 3 potenciais de falhas respectivamente.

(5) Os números representam as operações no fluxograma da figura 2.

**Tabela 2.** Índice de prioridade de risco para os processos envolvidos no plantio

Processo	Potencial falha	Sv	Oc	Dt	IPR
Sulcação	Falta de paralelismo entre sulcos	4,5	3,9	2,4	41,4
	Profundidade de sulcos errada	3,6	2,9	2,6	27,4
	Largura de sulco errada	3,5	2,8	2,4	22,9
	Distância entre sulcos errada	4,5	3,5	2,7	42
	Distribuição de adubo errada	4,5	3,1	2,8	38,7
	Direcionamento do adubo errado	3,5	3,3	2,5	29,2
	Umidade do solo errada	3,9	3	1,6	18,9
	Regulagem dos volumes de adubo errada	4	3,1	2,3	28,7
Distribuição das mudas	Ausência de gemas viáveis por metro linear no sulco de plantio	4,6	3	2,1	29,5
	Calculo errado de toneladas de cana gastos por hectare de plantio	4,3	2,4	1,9	18,9
	Excesso ou poucos números de cortes na cana no sulco de plantio	3,3	2,6	2,7	22,9
Cobrição das mudas	Altura de cobertura errada	3,9	3,1	2,4	28,8
	Porcentagem de cana descoberta	3,9	3,3	2,3	28,3
	Volume errado de inseticida aplicado no sulco de plantio	4,1	2,1	2,9	25,2
Corte das mudas	Baixa quantidade de gemas viáveis por colmo de cana	4,4	2,9	2,8	34,6
Transporte das mudas	Distância errada entre talhão de mudas e talhão de plantio	4,3	3,9	1,5	24,7

Sv = Severidade. Oc: Ocorrência. Dt: Detecção. IPR = Índice de prioridade de risco.

Na tabela 3, estão relacionadas, em ordem decrescente, as possíveis falhas e as respectivas notas do índice de prioridade de risco (IPR-severidade x ocorrência x detecção). Das dez falhas selecionadas, (IPR acima de 27,0), seis referem-se à sulcação e estão associadas à regulagem dos equipamentos (falta de paralelismo entre sulco; distância e profundidade de sulcos erradas; regulagem, distribuição e direcionamento

do adubo errados). As falhas referentes à cobrição de mudas (altura de cobrição errada e porcentagem de cana descobertas), também estão associadas aos equipamentos, diferentemente da distribuição das mudas (ausência de gemas viáveis por metro linear de sulco de plantio) que se refere à mão-de-obra. A baixa quantidade de gemas viáveis no colmo de cana refere-se ao corte de mudas e à qualidade do viveiro.

**Tabela 3.** Potenciais de falha, com base no índice de prioridade de risco

Potenciais de falhas	IPR
Distância entre sulcos errada (S)	42,0
Falta de paralelismo entre sulcos (S)	41,4
Distribuição de adubo errada (S)	38,7
Baixa quantidade de gemas viáveis por colmo de cana (CorM)	34,6
Ausência de gemas viáveis por metro linear no sulco de plantio (DM)	29,5
Direcionamento do adubo errado (S)	29,2
Altura de cobrição errada (CM)	28,8
Regulagem dos volumes de adubo errada (S)	28,7
Porcentagem de cana descoberta (CM)	28,3
Profundidade de sulcos errada (S)	27,4
Volume errado de inseticida aplicado no sulco de plantio (CM)	25,2
Distância errada entre talhão de mudas e talhão de plantio (T)	24,7
Excesso ou poucos números de cortes na cana no sulco de plantio (DM)	22,9
Largura de sulco errada (S)	22,9
Calculo errado de toneladas de cana gastos por hectare de plantio (DM)	18,9
Umidade do solo errada (S)	18,9

S = Sulcação. DM = Distribuição das mudas. CM = Cobrição das mudas. CorM = Corte das mudas. T = Transporte das mudas. IPR = Índice de prioridade de risco.

Com a definição das potenciais falhas, com base no IPR, o segundo critério para a seleção dos indicadores críticos foi aplicado, característica de obtenção. Com ele, foram analisadas a viabilidade, praticidade e disponibilidade de mão-de-obra, para se coletar os dados no campo. Após discussões e reuniões com a equipe técnica da empresa, foram selecionados dois indicadores críticos, paralelismo e profundidade, bem como os seus limites de especificação que, para o presente caso, representam as principais falhas críticas do processo de plantio (Tabela 4).

**Tabela 4.** Limites de especificação utilizados nas avaliações dos indicadores

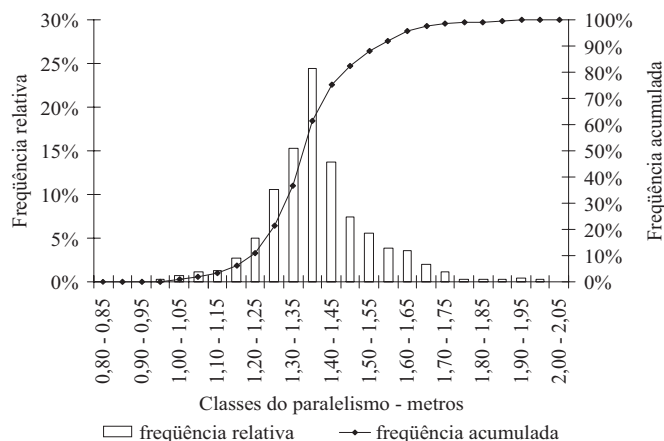
Indicador Crítico	Limites de Especificação	
	Superior(LSE)	Inferior(LIE)
Paralelismo entre sulcos (metro)	1,50	1,35
Profundidade de sulcos de plantio (metro)	0,20	0,30

A partir da definição dos indicadores críticos para o plantio elaborou-se o método de obtenção dos dados <sup>(6)</sup>, sendo realizadas a coleta e a avaliação, etapa 2. Na figura 3, verifica-se que 45,6% dos valores do paralelismo entre sulcos estão dentro dos limites (LIE-LSE), com uma amplitude entre 0,95 m e 2,00 m. Um espaçamento menor do que o LIE (1,35 m) causa um alto índice de pisoteio nas soqueiras quando a colheita é feita de forma mecanizada. Para esse caso, 36,8 % dos dados estão sujeitos a pisoteio. Observou-se 17,6% dos dados acima do LSE (1,50 m), o que acarreta uma diminuição de metros lineares de plantio e consequentemente de área plantada.

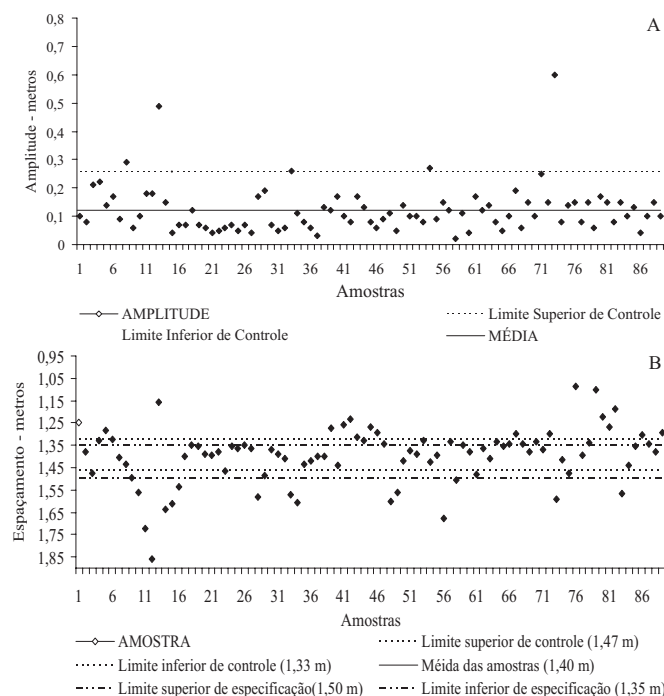
Na figura 4, são apresentados os gráficos de controle das amplitudes (A) e das médias (B) para o indicador paralelismo entre sulcos. Nota-se que ambos estão fora de controle indicando uma alta variabilidade e instabilidade para esse processo.

Na figura 5, verifica-se que 55,3% dos dados estão dentro dos limites de especificação para o indicador profundidade de sulco e a amplitude está na faixa de 0,10 m e 0,35 m. Nota-se que 1,4% dos dados estão acima do LSE (0,30 m) e 44,3% abaixo do LIE (0,20 m) mostrando uma tendência de sulcação rasa.

<sup>(6)</sup> O método consistiu em coletar 15 amostras, no mínimo, por jornada de trabalho de 8 horas, durante cinco dias consecutivos de trabalho. Cada amostra era composta de cinco subamostras. A coleta foi realizada de maneira a não interferir com a rotina de trabalho da empresa.

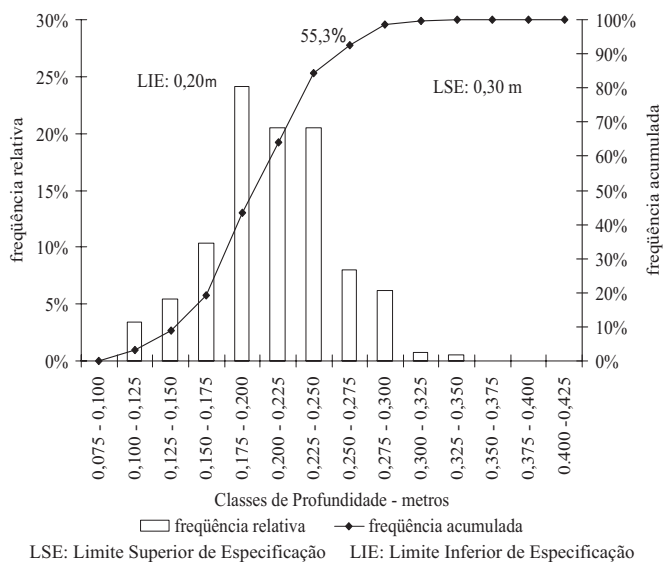


**Figura 3.** Distribuição dos dados do paralelismo entre sulcos sem interferir na operação. (LIE: Limite Inferior de Especificação; LSE: Limite Superior de Especificação).

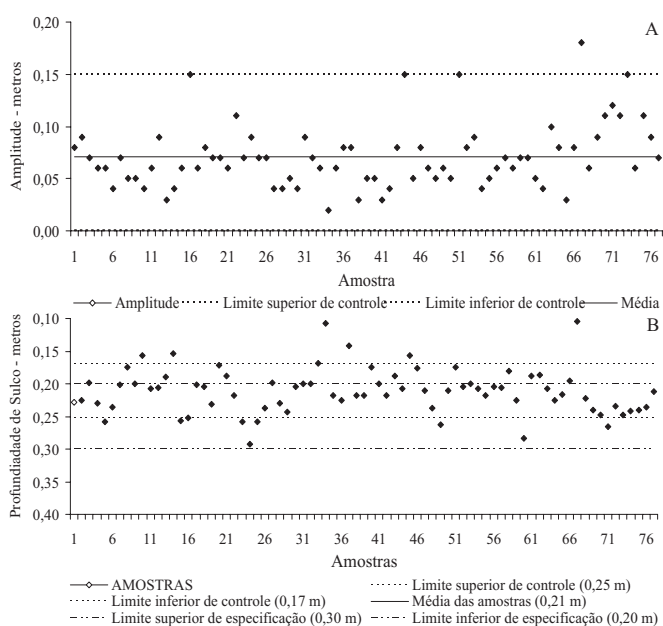


**Figura 4.** Gráfico de controle das amplitudes (A) e das médias (B) para as amostras do indicador de paralelismo entre sulcos

Na figura 6, são apresentados os gráficos de controle das amplitudes (A) e das médias (B) para o indicador profundidade de sulco. O indicador está fora de controle com alta variabilidade e instabilidade. Nota-se que a média das amostras está próxima do limite inferior de especificação (0,21 m), valor esse abaixo do desejado pela empresa de 0,25 m. De forma geral, para o plantio, ambos os indicadores estão com alta instabilidade e variabilidade, com sulcos mais rasos e menor distância entre eles.



**Figura 5.** Distribuição dos dados para profundidade de sulco de plantio sem interferir na operação.

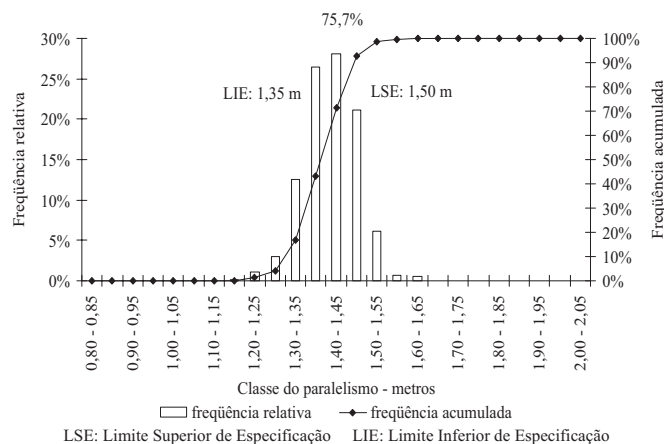


**Figura 6.** Gráfico de controle das amplitudes (A) das médias (B) para as amostras de profundidade do sulco sem interferir na operação.

Após a análise dos dados, foi elaborado o plano de melhorias para o plantio constituído basicamente de três ações. A primeira refere-se a controlar os indicadores no campo (a). Sempre que em uma amostra os valores estiverem fora dos limites estabelecidos, a operação é interrompida para que as devidas correções e orientações ao operador sejam feitas. Esta ação foi estabelecida buscando-se diminuir a instabilidade observada na etapa anterior. A segunda ação (b) refere-se a detectar e anotar as

causas que levaram as amostras a ficarem fora dos limites de especificação, ocasionando perdas de qualidade. A terceira (c) é reavaliar os indicadores e elaborar gráficos de Pareto, anotando-se as causas especiais da não-conformidade, com os limites especificados e identificando aquelas responsáveis pela maioria das perdas de qualidade. Após a elaboração do plano de melhorias, iniciaram-se as coletas e a análise dos dados.

Na figura 7, está inserido o histograma do indicador paralelismo entre sulcos após o início das melhorias. Observa-se aumento de 30,1% da frequência dos dados dentro dos limites (1,35 m a 1,50 m), quando comparado com a avaliação anterior, totalizando 75,7% dos dados. A amplitude foi na faixa de 1,15 m a 1,65 m, menor do que a anterior de 0,95 m a 2,00 m.

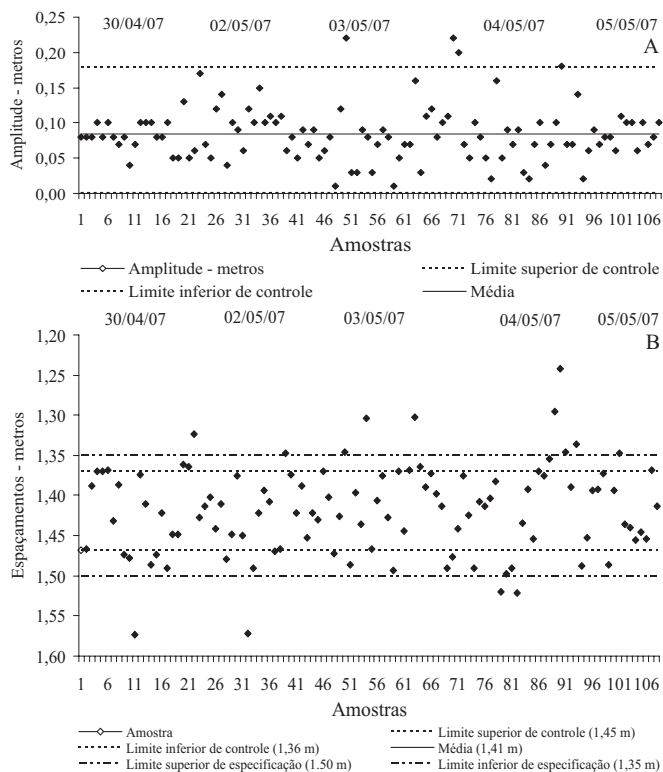


**Figura 7.** Distribuição dos dados para paralelismo entre sulcos na semana de elaboração das melhorias.

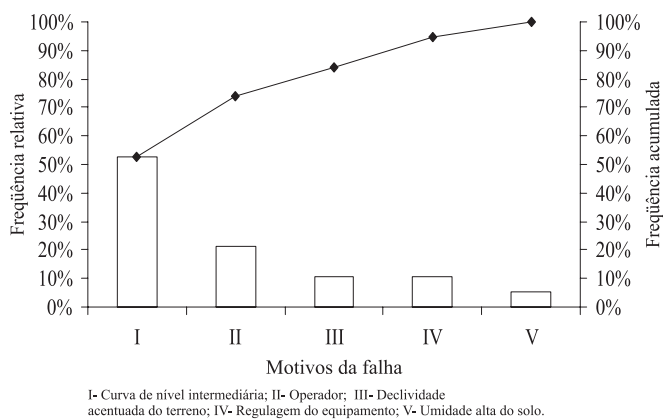
Os gráficos de controle das amplitudes (A) e para as médias (B) de paralelismo entre sulcos obtidos na semana de implementação de melhorias estão apresentados na figura 8. É possível observar melhor estabilidade do indicador nesta nova avaliação.

Na figura 9, observa-se o gráfico de Pareto, os motivos e as causas do porquê das amostras ficarem fora dos limites de especificação. A principal causa da não-conformidade das amostras refere-se à curva de nível intermediária construída entre dois terraços embutidos.

Para a profundidade do sulco, Figura 10, ocorreu um aumento 30,3% dos dados dentro dos limites (LIE - LSE) de 0,20 a 0,30 m e uma diminuição nas classes abaixo do limite inferior (0,20 m), 6,5% dos dados, contra 43,3% da primeira avaliação. Nas classes acima do limite superior de especificação (0,30 m) ocorreu aumento de 14,1% da frequência.

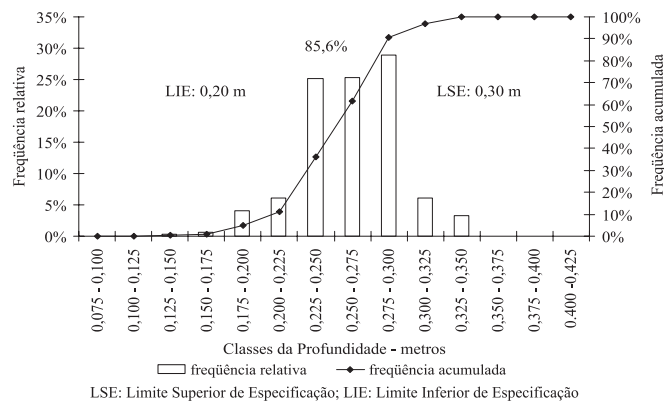


**Figura 8.** Gráfico de controle para as amplitudes (A) e das médias (B) para as amostras de paralelismo entre sulcos na semana de início de melhorias

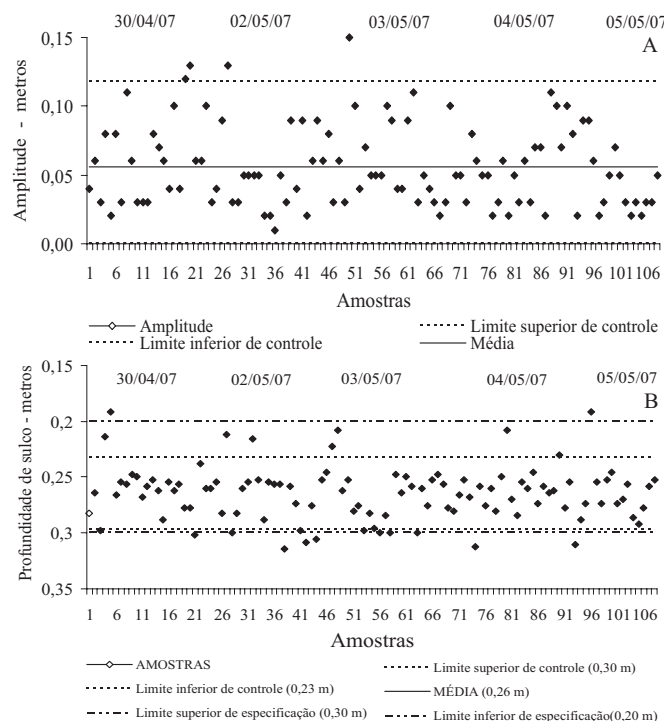


**Figura 9.** Motivos de falha no paralelismo entre sulcos após a realização de melhorias.

Os gráficos de controle para as amplitudes e das médias, respectivamente, para o indicador de profundidade de sulco na semana de implantação de melhorias, estão representados na figura 11 A e B. Observa-se maior estabilidade e a tendência da sulcação ser mais profunda quando comparada com a primeira avaliação. Para uma sulcação mais profunda é exigido maior esforço de tração e aumento do consumo de combustível. O maior número de valores dentro dos intervalos e a estabilidade indicam operação de melhor qualidade o que beneficia a cultura.



**Figura 10.** Distribuição dos dados para profundidade de sulco na semana de realização de melhorias.

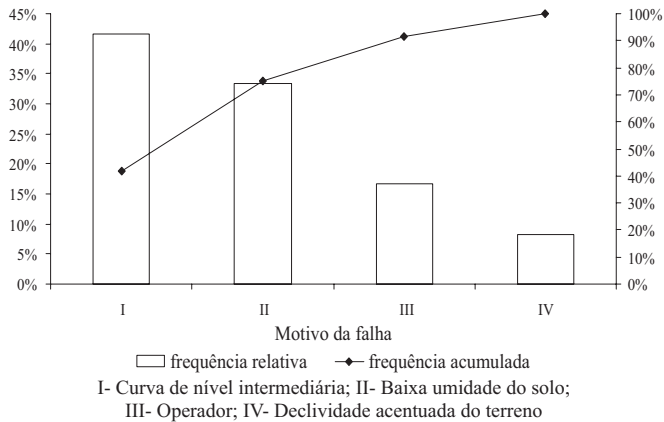


**Figura 11.** Gráfico de controle das amplitudes (A) e das médias (B) para profundidade de sulco na semana de realização de melhorias.

Observa-se na figura 12 que a principal causa da não-conformidade das amostras com os limites de especificação refere-se à curva de nível intermediária com 47,7%, seguida da baixa umidade do solo com 33,3%. Ambas representam 81% das causas da não-conformidade.

De maneira geral, a utilização das ações do plano de melhorias aumentou a frequência dos dados dentro dos limites de especificação da empresa e diminuiu a instabilidade do processo. Para elaborar o segundo plano, etapa 3, levou-se em consideração os resultados da





**Figura 12.** Gráfico de Pareto para profundidade de sulco na semana de realização de melhorias.

implementação das melhorias. A identificação das causas da não-conformidade das amostras teve grande importância no desenvolvimento dessa etapa.

Como sugestão para a empresa, estabeleceram-se dois grandes grupos de ações, sendo o primeiro com influência em todos os indicadores, e o segundo grupo de ação com influência individual. As ações do primeiro grupo, ou de influência para todos os indicadores são as seguintes:

1.<sup>a</sup>) Analisar a viabilidade e necessidade técnica da curva de nível intermediária;

2.<sup>a</sup>) Elaborar cronogramas de tal forma que se evite o plantio em períodos de baixa umidade dos solos que apresentam textura arenosa;

3.<sup>a</sup>) Realizar treinamentos com a equipe de plantio e operadores responsáveis pela operações sobre como operar e regular os equipamentos;

As ações do segundo grupo ou de influência individual para os indicadores são as seguintes:

1.<sup>a</sup>) Indicador da profundidade de sulco de plantio: proporcionar um solo mais nivelado e com menos irregularidades, ou evitar grandes desníveis para diminuir a influência da declividade do terreno. Esse processo ocorre pelo fato de os sulcadores possuírem as hastes fixas sem acompanhar a irregularidade do terreno, o que aumenta a exigência de um melhor preparo e sistematização do solo.

Para o segundo plano de melhorias, são necessárias ações de replanejamento das operações e modificações nas estruturas das máquinas/ implementos, que envolvem o nível hierárquico tático (gerentes e suporte técnico) e devem ser desenvolvidas pela empresa, não fazendo parte do escopo deste trabalho.

## 4. CONCLUSÕES

1. Notam-se 16 fatores críticos no processo de plantio. Desses, dois são considerados como passíveis de avaliação, devido ao índice de prioridade de risco e a possibilidade de obtenção dos dados.

2. Na primeira avaliação, os dois fatores críticos são considerados como não previsíveis, indicando que existem causas especiais atuando no processo.

3. A elaboração do plano de melhorias aumenta o percentual de pontos dentro dos limites especificados, porém os processos, ainda, permaneceram como não previsíveis. Existe a necessidade de nova(s) avaliação (ões) e melhorias até que se obtenha a estabilidade do processo.

4. A curva de nível rebaixada construída entre os terraços embutidos, denominada curva de nível intermediária, é a principal causa que afeta o processo.

## REFERÊNCIAS

- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. **Produção de cana de açúcar**. ESALQ: Piracicaba, 1993. p.31-64.
- CAMPOS, V.F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1998. 229 p.
- CAMPOS, C.M. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba 2007. 88p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J.; Plantio da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M.. **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar, safra 2007/2008 – 3º levantamento, nov. 2007**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> . Acesso em 12 dez. 2007.
- MATOS, R.B. **Indicadores de desempenho para o beneficiamento de madeira serrada em empresas de pequeno porte: um estudo de caso**. Piracicaba 2004. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PECHE FILHO, A. Qualidade total na agricultura. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE TOTAL NA AGRICULTURA, 1., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEASP, 1994. p.19-35.
- VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro, 1999. 198p.