

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

INDICADORES DE QUALIDADE DO SISTEMA DE PREPARO
DO SOLO PARA A CULTURA DE CITROS

Diego Onofre Vidal

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Julho de 2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

***INDICADORES DE QUALIDADE DO SISTEMA DE PREPARO
DO SOLO PARA A CULTURA DE CITROS***

Diego Onofre Vidal

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

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).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Julho de 2013

V648i Vidal, Diego Onofre
Indicadores de qualidade do sistema de preparo do solo para a
cultura de citros / Diego Onofre Vidal. -- Jaboticabal, 2013
xi, 33f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Rouverson Pereira da Silva
Banca examinadora: Teresa Cristina TarléPissarra, Jorge Wilson
Cortez

Bibliografia

1. CitrussinensisL. 2. Sistemas mecanizados. 3. Indicadores de
qualidade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 634.31:631.4

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

INSERIR AQUI O CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DIEGO ONOFRE VIDAL – nascido em São Carlos, interior de São Paulo, no dia 09 de Novembro de 1982, filho de Dagoberto Vidal e Ângela de Fátima de Onofre Vidal. Coursou o Ensino Fundamental e Médio na Escola Diocesano La Salle, Cecília Meirelles e na Escola Objetivo, em São Carlos, tendo finalizado o Ensino Médio no ano de 1999. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2000 no curso de Agronomia, na Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda - FAFRAM, em Ituverava, São Paulo, concluindo-o no ano de 2006. Durante a graduação, atuou como expositor em três edições da Agrishow, realizou estágios em instituições de pesquisa. Em 2009, ingressou-se no mercado de trabalho, atuando como supervisor de colheita e plantio mecanizado de cana-de-açúcar e atualmente é coordenador de manutenção agrícola na fazenda Cambuhy Agrícola LTDA, em Matão, São Paulo. No ano de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, no programa de Ciência do Solo, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, desenvolvendo suas pesquisas e estudos no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), localizado no Departamento de Engenharia Rural da mesma universidade. Em julho de 2013, submeteu-se à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

*“A experiência não é o que acontece com um homem;
é o que um homem faz com que lhe acontece”.*

ALDOUS HUXLEY

Aos meus pais Dagoberto Vidal e Ângela de Fátima de Onofre Vidal.

DEDICO.

À minha esposa Natalia Garlipp Vidal.

A todos os meus familiares e amigos.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a DEUS, que esteve comigo e me abençoou em todos os momentos da minha vida, me guiando para que eu escolhesse esta profissão que exerço hoje com muito orgulho.

Aos meus queridos pais, Dagoberto Vidal e Ângela de Fátima de Onofre Vidal, que me ensinaram os caminhos certos a serem percorridos durante minha infância e adolescência para que hoje pudesse me tornar o homem que sou. Agradeço também pelo amor, compreensão e quero dizer que amo vocês.

A minha esposa Natalia Garlipp Vidal pelo amor, dedicação, paciência e companheirismo por todos os anos aos quais estamos juntos. Eu te amo muito e quero viver todos os dias da minha vida ao teu lado.

Ao meu irmão Daniel Onofre Vidal pelo exemplo de pessoa e de filho ao qual eu pude me espelhar em muitos momentos seguindo os teus passos. Agradeço também minha cunhada Ana Paula Raizaro, por ter nos dado a linda e tão amada Maria Clara Raizaro Vidal e também por ter nos convidado para ser os padrinhos da nossa princesa.

Não poderia deixar de agradecer meus cunhados Monike Garlipp Picchi Luiz Claudio Picchi, que também estão sempre me apoiando e também nos deram o imenso prazer de ser padrinhos de mais uma princesa que se chama Isabela Garlipp Picchi.

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.

Ao amigo e orientador, Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, pela parceria no desenvolvimento de projetos e pelo imensurável conhecimento agregado ao longo do período de convívio, por acreditar no meu potencial e pela dedicação não só nas informações transmitidas e no suporte necessário para elaboração deste trabalho, mas, sobretudo gostaria de agradecer a compreensão em relação aos meus horários de trabalho. Foi difícil, mas estamos aqui.

Ao amigo Marcelo Tufaile Cassia em especial pela colaboração e disponibilidade durante os trabalhos o que foi decisivo para que eu pudesse estar aqui neste momento.

Agradeço em especial ao auxílio na coleta de dados em São Paulo os amigos e integrantes do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA) – Ariel Muncio Compagnon, Cristiano Zerbato, Fábio Alexandre Cavichioli, Murilo Voltarelli, Rafael Scabello Bertonha, Vicente Filho Alves da Silva e o Prof. Rouverson Pereira da Silva.

À Empresa Cambuhy Agrícola LTDA, pela possibilidade de realização deste trabalho, por todo o apoio e respaldo fornecido durante o desenvolvimento do mesmo, em especial para Alexandre Tachibana, Fernando Eduardo Amado Tersi e José Luiz Amaro Rodrigues que acreditaram no meu potencial e me apoiaram nesta etapa.

À Faculdade de Agronomia de Ituverava – FAFRAM, a todos seus professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação, e em especial aos estimados amigos que encontrei durante estes anos.

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

Ao Departamento de Engenharia Rural da FCAV, aos seus professores e funcionários, que de alguma forma colaboraram com minha formação e realização deste trabalho.

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

	Página
RESUMO.....	xi
SUMMARY	xii
I INTRODUÇÃO	1
II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1 Cenário atual e perspectivas da citricultura Brasileira.....	3
2 Transplântio de citros.....	3
3 Mecanização na cultura de citros.....	4
4 Estudos de tempos e movimentos	5
5 Indicadores de qualidade	6
6 Controle estatístico de qualidade (CEQ).....	7
III MATERIAL E MÉTODOS	10
1 Caracterização e localização da área experimental.....	10
2 Delineamento experimental.....	11
3 Equipamentos utilizados	12
3.1 Equipamentos utilizados no preparo convencional	12
3.2 Equipamentos utilizados no preparo conjugado	13
3.3 Tratores utilizados nas operações do preparo de solo	14
3.4 Equipamentos utilizados no suprimento de insumos	15
4 Variáveis analisadas	16
4.1 Patinagem dos rodados	16
4.2 Acurácia do receptor GPS	17
4.3 Velocidades de deslocamento	17
4.4 Estudo de tempos e movimentos.....	17
4.4.1 Tempos gastos durante a operação	17
4.4.2 Controle estatístico de processo (CEP).....	18
5 Análises estatísticas.....	19
5.1 Estatística descritiva e análise de variância.....	19
V CONCLUSÕES.....	29
VI REFERÊNCIAS	30

Lista de Tabelas

TABELA		Página
1.	Análise granulométrica simples do solo da área experimental, em Matão, SP.	11
2.	Equipamentos e mão de obra necessária nos sistemas de preparo localizado convencional e conjugado.	12
3.	Estatística descritiva e análise de variância para a patinagem dos rodados do trator na operação de preparo do solo para o transplântio de citros.	21
4.	Estatística descritiva e análise de variância para a acurácia do GPS e velocidade de deslocamento do preparo do solo para o transplântio de citros.	22
5.	Tempos gastos e eficiência de campo nas operações do preparo do solo para o transplântio de citros.	23

Lista de Figuras

FIGURA		Página
1.	Área experimental avaliada: mapa da Fazenda Cambuhy Agrícola (a); vista geral da área experimental (b).	10
2.	Esquema da malha amostral utilizada para coleta dos dados.	11
3.	Equipamentos utilizados no sistema convencional: a) Sulcador utilizado na abertura do sulco b) Distribuidor de calcário; c) Cultivador utilizado no fechamento e nivelamento do sulco.	13
4.	Equipamento utilizado no preparo do solo conjugado: vista caixas de insumos (a); vista lateral (b); e vista traseira (c).	14
5.	Tratores utilizados nas operações de preparo do solo localizado: John Deere 7715 (a); e Massey Fergusson 275 (b)	15
6.	Equipamentos utilizados no suprimento de insumos: caminhão munck (a); e vagão para abastecimento de calcário (b).	15
7.	Modelo de carta de controle Individual de Amplitude Móvel.	19
8.	Cartas de controle para a patinagem dos rodados do trator: rodado dianteiro (a); rodado traseiro (b).	25
9.	Cartas de controle para: acurácia do GPS (a); velocidade de deslocamento (b).	27

INDICADORES DE QUALIDADE DO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO PARA A CULTURA DE CITROS

RESUMO –O preparo do solo para o transplântio das mudas de citros do viveiro para o campo afeta diretamente a longevidade, produtividade, saúde fitossanitária e também as operações mecanizadas que deverão ser executadas para garantir o manejo da cultura.O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar dois sistemas de preparo do solo para o transplântio de citros, por meio da avaliação de indicadores de qualidade e do estudo de tempos e movimentos. O experimento foi conduzido no município de Matão - São Paulo, o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo avaliados dois sistemas mecanizados para o preparo do solo (convencional e conjugado) para o transplântio de citros, com 66 repetições para cada tratamento. Foram avaliados como indicadores de qualidade a patinação dos rodados do trator, a velocidade de deslocamento e a acurácia do receptor GPS. Também foi realizado um estudo de tempos e movimentos das operações. O sistema de preparo do solo conjugado apresentou o melhor desempenho operacional.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrus sinensis* L.. Sistemas mecanizados. Piloto automático. Cartas de controle. Estudo de tempos e movimentos. Indicadores de qualidade.

QUALITY INDICATORS SYSTEM OF TILLAGE FOR GROWING CITRUS

ABSTRACT - The soil preparation for planting the seedlings of citrus nursery to the field directly affects longevity, productivity, health and phytosanitary also mechanized operations that must be performed to ensure the crop management. This study was developed to evaluate two systems of soil preparation for transplanting citrus, through the evaluation of quality indicators and the study of time and motion. The experiment was conducted in the municipality of Matão - São Paulo, completely randomized, and evaluated two mechanized systems for soil tillage (conventional and conjugate) for transplanting citrus, with 66 replicates for each treatment. Were evaluated as indicators of quality skating wheels of the tractor, the scroll speed and accuracy of GPS. Also a study of time and motion operations. The system of tillage conjugate showed the best operational performance.

KEYWORDS: Citrus sinensisL. Mechanized systems. Autopilot. Control charts. Time and motion study. Quality indicators.

I INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de citros do mundo e também é responsável por aproximadamente 80% das exportações mundiais do suco da fruta o que coloca a citricultura entre os produtos agrícolas de maior importância econômica do país.

A área plantada com laranja no estado de São Paulo vem sofrendo reduções consecutivas e mudando o perfil do produtor. Em consequência dessas mudanças os pomares com dimensões menores estão perdendo espaço e as áreas têm sido absorvidas, geralmente, pelo cultivo da cana-de-açúcar. Esta situação decorre da falta de condições do pequeno produtor para adotar práticas culturais adequadas e usar os insumos necessários para o bom desempenho da cultura (CONAB, 2012).

A implantação de um pomar é uma etapa de extrema importância econômica devido ao seu alto custo, uma vez que estão envolvidas diversas operações mecanizadas, que vão desde o preparo do solo até a colocação das mudas nas covas (OLIVEIRA et al., 2011).

O desempenho operacional de sistemas de preparo do solo para o transplântio de citros é realizado para proporcionar o melhor desenvolvimento da cultura, melhorando a capacidade de absorção e retenção de águas e também no controle de plantas invasoras. Outro fator muito importante é o alinhamento da sulcação que servirá de referência para a excussão das covas de deposição das mudas cítricas.

No sistema convencional, após o preparo do solo, é realizado o alinhamento manual das fileiras para o transplântio, etapa que demanda a utilização de uma equipe composta por um profissional de agrimensura e cerca de oito a dez funcionários, que estaqueiam a área para o direcionamento do operador do trator com sulcador para a abertura dos sulcos (OLIVEIRA et al., 2011).

O sistema de preparo de solo conjugado consiste em reunir operações que são realizadas de maneira individual como no sistema convencional, a junção de varias operações em uma única operação possibilita menor movimentação de maquinas para realizar a operação podendo reduzir a compactação do solo. De acordo com Azevedo (2013), a redução da movimentação do solo é um dos princípios básicos em manejo e conservação do solo, estes benefícios estão

diretamente relacionados a fatores de manutenção da estrutura do solo até a redução de custos.

As informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões. A obtenção de informações sobre o desempenho é normalmente realizada de modo manual, por meio da análise dos tempos e movimentos, consumindo recursos, mão de obra e tempo (MOLIN et al., 2006).

Pressupondo-se que a utilização de um equipamento conjugado realize concomitantemente as operações de preparo do solo para o transplante de citros, objetivou-se avaliar dois sistemas de preparo do solo para o transplante de citros, por meio da avaliação de indicadores de qualidade e do estudo de tempos e movimento.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 Cenário atual e perspectivas da citricultura Brasileira

Apesar de o Brasil ser o maior produtor de suco do mundo a citricultura brasileira está vivendo uma crise que já se prolonga por alguns anos e este momento negativo do setor pode estar ligado a uma série de fatores, entre eles, pode-se destacar a redução do consumo da fruta mundialmente o que ajudou a elevar os estoques de suco diminuindo a sua demanda. Outro fator importante que ajudou a alarmar a situação do setor foi a proibição das exportações de frutas para os Estados Unidos com o princípio ativo Carbendanzim, que é encontrado em um dos fungicidas mais utilizados no controle de pragas nas lavouras cítricas Brasileiras.

As perspectivas do produtor brasileiro para o futuro da cultura é de melhoria nos preços e também no aumento da demanda da exportação de suco para os Estados Unidos, devido à estimativa de quebra de aproximadamente 10 anos na produtividade dos pomares americanos, principalmente na Flórida, por motivos de clima adverso e aumento na incidência de doenças como o Huanglongbing, (HLB, ex-greening) dos Citros.

2 Transplântio de citros

A tendência mundial de elevação dos custos com mão-de-obra e dos insumos agrícolas utilizados na fruticultura de clima temperado conduziu à adoção de sistemas de cultivo que conjuguem o mínimo de mão-de-obra, alta eficiência produtiva e qualidade dos frutos e visa o aumento da produtividade (MAYER et al., 2006).

Com o crescimento da população e da demanda por alimentos, novas tecnologias têm surgido e visam aumento da produtividade e à redução nos custos de produção. Se por um lado essas tecnologias elevam a produção e reduzem os custos, por outro lado o tráfego intenso de máquinas e tratores altera a estrutura do solo, tornando-o compactado, comprometendo, assim, a produtividade agrícola (ASSIS et al., 2009).

Segundo Euler et al. (2008) o preparo de solo relacionado à cultura de citros tem grande variabilidade quanto ao seu processo, gerando divergências sobre qual seria a melhor opção de manejo do solo para o transplântio. O elevado número de

operações mecanizadas no preparo do solo para o transplante de citros vem ocasionando maior degradação deste ambiente e ocasiona maior compactação e aumento na erosão, o que dificulta o desenvolvimento da cultura. Os autores citam ainda que o preparo convencional do solo, utilizado na implantação de pomares cítricos, com base na remoção da cobertura vegetal e no revolvimento do solo em área total, assim como o manejo de pomares com eliminação da cobertura vegetal das entrelinhas têm causado erosão e redução da fertilidade dos solos com reflexos negativos sobre as plantas cítricas e o ambiente.

De acordo com Barbosa (2011) a tríplice operação é realizada por um implemento que realiza simultaneamente as operações de adubação do sulco, subsolagem da linha e construção do canteiro de plantio, podendo proporcionar melhores condições físicas do solo para o desenvolvimento radicular da variedade Valência em Argissolo e Latossolo quando comparado com os métodos tradicionais como o preparo reduzido e com subsolador.

3 Mecanização na cultura de citros

Grande parte das inovações tecnológicas introduzidas na agricultura constitui-se de máquinas, equipamentos e insumos agrícolas que são, na verdade, biotecnologias e novos produtos industriais utilizados pelo setor agroindustrial, esta realidade, obriga o setor agroindustrial brasileiro a adotar novas tecnologias, empregando-as a fim de elevar sua produtividade, melhorar seus produtos e métodos de gestão e contribuir para a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, possibilitar maior competitividade no mercado mundial (CIRANI et al., 2010).

As técnicas de Agricultura de Precisão diferenciam-se dos conceitos tradicionais de agricultura pelo seu nível de gerenciamento e o monitor de produtividade, é um dentre os muitos recursos utilizados pelos agricultores que adotam essas técnicas. O conhecimento adquirido com as informações fornecidas pela agricultura de precisão permite aos produtores melhor suporte na tomada de decisões e resulta em potenciais benefícios ambientais, economia de insumos e lucros. Além disso, podem ser extraídas outras informações do monitor de

produtividade com utilidade no gerenciamento de operações agrícolas (MOLIN et al., 2006).

Baio e Moratelli (2011) descreveram que técnicas de agricultura de precisão estão sendo aplicadas para a diminuição do custo de produção de etanol e pelo menor uso de insumos agrícolas, contribuindo para melhorar o balanço energético na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

De acordo com Stabilei e Balastreire (2006) o alto custo de aquisição do GPS (Sistema de Posicionamento Global) tem detido um pleno avanço da Agricultura de Precisão no Brasil. Uma vez que grande parte destes equipamentos é importada e com elevada tributação alfandegária.

Para Molin et al. (2011), as pesquisas indicam que o uso de novas técnicas no campo da mecanização agrícola, como o tráfego controlado por meio de direcionamento com auxílio de Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), pode diminuir as exigências por energia associadas às operações de campo e aumentar a produtividade da mão de obra e da cultura.

Sistemas de piloto automático vêm sendo utilizados com relativa frequência na agricultura brasileira. Na citricultura, o uso dessa tecnologia vem difundindo-se na operação de abertura de sulcos para o transplântio de mudas (OLIVEIRA TIAGO; MOLIN, 2011).

É provável que o alinhamento de Transplântio influencie no nível de luminosidade, intensidade de radiação solar e molhamento foliar, dentre outras variáveis, com consequente efeito no desempenho agrônômico das plantas, especialmente as arbustivas ou de grande porte. Na interação hospedeiro patógeno-ambiente, é provável, também, que o sentido do alinhamento exerça grande influência, podendo, assim, ter importância na intensidade de sintomas de doenças, especialmente aquelas causadas por fungos e bactérias (ANDRADE et al., 2009).

4 Estudos de tempos e movimentos

Ribeiro (2003) descreve os estudos de tempos e de movimentos como o estudo que visa racionalizar o trabalho e alcançar a otimização da relação tempo-

esforço, procurando identificar os melhores movimentos e tempos na execução de uma tarefa.

De acordo com Chiavenato (2003) o estudo dos tempos e movimentos é o instrumento básico para se otimizar os trabalhos, assim, este é executado melhor e com maior economia por meio da análise, isto é, da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa.

A mecanização tem forte impacto na composição dos custos de produção, e conhecer o seu desempenho é primordial para o sucesso de uma empresa agrícola (PELOIA et al., 2010). De acordo com Toledo et al. (2010) o adequado planejamento e gerenciamento dos sistemas mecanizados contribuem para a racionalização e redução dos gastos e melhoria do produto final.

Nas operações mecanizadas geralmente ocorrem perdas de tempo na realização de determinada atividade, uma vez que estas são inerentes ao trabalho da máquina. Algumas destas perdas de tempo são controláveis e podem ser reduzidas com a devida racionalização e o controle da atividade que está sendo realizada. Outras, porém, são incontrolláveis, uma vez que estão ligadas aos fatores climáticos, pessoais e em alguns casos, ao próprio sistema mecanizado (CHECIN et al., 2010).

Segundo Simões et al. (2012) o alto investimento em operações agro florestais mecanizadas implica na definição segura de qual será a máquina mais preconizada para a otimização da operação, vinculada aos menores custos envolvidos. Os autores também descrevem que o conhecimento do desempenho operacional de uma máquina agrícola tornou-se uma preocupação crescente e de suma importância, pois com o advento da mecanização, os custos de produção foram influenciados diretamente pela eficiência da máquina no campo.

5 Indicadores de qualidade

Os indicadores de qualidade para as operações de preparo do solo do transplante de mudas de citros têm fundamental importância no desempenho da produtividade e longevidade da cultura. De acordo com Barbosa (2011) as plantas

cítricas possuem vida útil entre 20 a 30 anos, sendo que algumas variedades começam a produzir em torno dos 4 anos de idade.

Salazar (2001) cita que um sistema de medição de desempenho é um conjunto de indicadores inter-relacionados entre si, e o objetivo principal é controlar e auxiliar na tomada de decisões, do nível estratégico ao operacional.

O desempenho de uma organização deve ter os seguintes conceitos e critérios: refletir a lógica da estratégia; usar de forma pró-ativa o sistema de indicadores; permitir a visão sistêmica e integrada; incorporar todos os níveis hierárquicos; apresentar consequências claras do desempenho associado com resultados (FPNQ, 2002).

De acordo com Peche (2007) um dos pontos fundamentais para buscar qualidade operacional e entender das atividades de monitoramento com base nas premissas do controle estatístico de qualidade é definir parâmetros que possibilitem a coleta e processamento de dados de forma que possam gerar subsídios para tomada de decisões acertadas e esses parâmetros são chamados de indicadores de qualidade e podem ser quantitativos ou serem subjetivos.

Dodson (1998) descreve que os modelos mais utilizados para cálculo de custos operacionais de sistemas mecanizados de produção agrícola avaliam basicamente fatores quantitativos relacionados a gastos com mão-de-obra, combustível, insumos, capacidade operacional, etc. e, na maioria das vezes, os fatores qualitativos não são avaliados adequadamente, dificultando a verificação de sua influência no rendimento financeiro da produção.

6 Controle estatístico de qualidade (CEQ)

A manutenção e a melhoria da qualidade são determinantes para o sucesso de qualquer sistema produtivo. Um processo pode ser definido como qualquer combinação global de pessoas, mão-de-obra, matéria-prima, métodos, medição, equipamentos, máquinas e meio-ambiente, que colaboram para atingir a qualidade de determinado produto ou serviço (Samohyle Alves, 2005). Desta forma, de acordo com Souza (2003), pode-se afirmar que a variação ou a dispersão, encontram-se

presentes em todos os processos produtivos, podendo ser quantificadas por atributos ou variáveis.

Considerando que um processo tem a qualidade como objetivo final, Montgomery (2000) afirma que uma definição para o termo qualidade é a redução da variabilidade e que, portanto, quanto menor a variabilidade, maior será a confiabilidade e aceitação do produto ou do serviço.

Stuart et al. (1996) destacam que a aplicação de ferramentas como o (CEQ) para a solução de problemas, foram de grande importância para o desenvolvimento do conceito de Controle de Qualidade, uma vez que a qualidade é assegurada com a redução da variabilidade. O CEQ preconiza ainda que toda variação possa ter origem em causas comuns ou especiais, sendo que o primeiro tipo representa a variação natural do processo, que é aleatória, difícil de ser controlada, e cuja redução pouco influencia na qualidade, sendo, portanto, inviável tentar reduzi-la. O segundo tipo, externas ao processo, são suficientes para causar perturbações e afetar a qualidade, sendo o foco das ferramentas de controle.

Segundo Alves (2003) as técnicas estatísticas podem ser utilizadas para descrever e interpretar a variabilidade de um processo, e o emprego de ferramentas estatísticas contribui para a redução da variabilidade. Neste aspecto, Bonilla (1995) afirma que a análise descritiva pode ser fundamentada em medidas de tendência central (média aritmética, mediana e moda), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação) medidas de assimetria e de curtose e técnicas ou gráficos como histogramas e diagramas de caixa (*box-plots*), dentre outros.

A gestão da qualidade aplicada à agricultura pode proporcionar benefícios como o aumento da produtividade e a redução de custos, aumento da qualidade dos produtos, efetivação do desenvolvimento sustentável e melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural e agroindustrial. A utilização de ferramentas estatísticas de controle da qualidade possibilita a detecção de variações ou oscilações indesejáveis perante padrões especificados para as operações agrícolas, evitando previamente esta ocorrência (BONILLA, 1994).

A Carta de Controle, ferramenta precursora do CEQ, apresentada por Walter Shewhart em 1924 Stuart et al. (1996) é indiscutivelmente a ferramenta estatística

mais importante dos sistemas de controle e melhoria da qualidade. O conceito das cartas de Shewhart é extraordinariamente simples: se o processo é monitorado regularmente, seu comportamento será conhecido, tornando-se fácil identificar quando não está estável.

Selecionar indicadores mensuráveis ou passíveis de análise é uma tarefa primordial em processos que envolvam critérios de qualidade, para que permitam avaliar o resultado final. Assim devem ser definidos os indicadores de qualidade a serem analisados, com respectivos padrões de qualidade ou limites de especificação, baseados em critérios agrícolas e/ou econômicos adotados (SUGUISAWA et al., 2007).

III MATERIAL E MÉTODOS

1 Caracterização e localização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Cambuhy Agrícola, localizada no município de Matão, São Paulo, situado nas proximidades das coordenadas geodésicas de 21°38' latitude Sul e 48°31' longitude Oeste, com altitude média de 590 m e clima classificado como Cwa, pelo método de Köppen. As avaliações foram realizadas no mês de agosto de 2011 em um talhão de aproximadamente 16,5ha, pertencente às áreas de renovação dos pomares da fazenda (Figura 1).



FIGURA 1. Área experimental avaliada: mapa da Fazenda Cambuhy Agrícola com destaque para o talhão avaliado (a); vista geral da área experimental (b).

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutroférico típico, de textura média (Tabela 1), com declividade média de 5%, onde foram realizadas as operações de gradagem e escarificação como preparo do solo prévio para a realização do experimento.

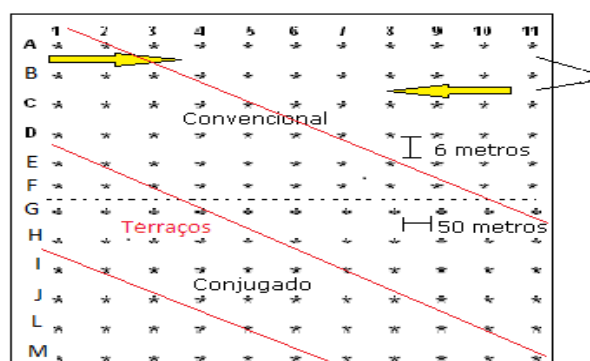
TABELA1. Análise granulométrica simples do solo da área experimental, em Matão, SP.

CAMADA (m)	Argila	Limo	Areia		Classe
			Fina	Grossa	
0 - 0,30	g kg ⁻¹				Média
	173	35	348	444	

A caracterização do teor de água do solo foi realizada por meio da coleta de 132 amostras, 66 para cada tratamento (convencional e conjugado), na camada de 0,00 – 0,15m, conforme a metodologia recomendada por (EMBRAPA, 1999). No preparo convencional e conjugado o teor de água no solo foi de 6,0 e 2,3%, respectivamente.

2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, materializado em uma malha amostral (Figura 2) composta de 132 pontos, espaçados entre si de 6 x 50 m, dividida entre dois sistemas de preparo de solo para o transplântio de citros (convencional e conjugado).



➡ Sentido de deslocamento dos conjuntos mecanizados.

FIGURA2. Esquema da malha amostral utilizada para coleta dos dados.

A escolha dos tratamentos se deu pelo fato de que por vários anos a empresa Cambuhy Agrícola optou pelo preparo localizado do solo para a implantação da

cultura do citros, ou seja, apesar das áreas de renovação serem manejadas como um todo, o preparo final do solo é realizado de maneira localizada, sob a forma de “sulcos e coroas”, para posterior transplântio de mudas para implantação da cultura.

A princípio a empresa Cambuhy utilizava o sistema de preparo do solo convencional que é realizado por meio de três operações distintas que consistem em: abertura de sulco; calagem e fechamento do sulco. Recentemente encontra-se em desenvolvimento um sistema de preparo do solo (conjugado), que consiste do agrupamento das três operações em um único equipamento, que implica na redução maquinário e de mão de obra empregada, podendo reduzir os custos operacionais relacionados ao preparo do solo para a cultura de citros melhorando assim os resultados financeiros da empresa.

TABELA 2. Equipamentos e mão de obra necessária nos sistemas de preparo do solo convencional e conjugado.

Sistema de preparo do solo	Operação	Máquinas	Implementos	Mão de obra
Convencional	Abertura de Sulco	1	1	1
	Calagem	1	1	1
	Fechamento de sulco	1	1	1
	Suprimento de insumos	1	1	1
Conjugado	Tríplice Operação	1	1	1
	Suprimento de insumos	1	1	1

3 Equipamentos utilizados¹

3.1 Equipamentos utilizados no preparo convencional

Foi utilizado um equipamento de fabricação interna da empresa Cambuhy Agrícola Ltda, adaptado a partir de um sulcador canavieiro com asas, que realiza a abertura do sulco para uma única linha de transplântio (Figura 3-a). Posteriormente à

¹ A citação de marcas comerciais não implica em recomendação ou preferência do autor.

abertura realizou-se a calagem direcionada dentro do sulco, utilizando-se com um distribuidor de calcário da marca Jan, modelo Lancer 5000 (Figura 3-b).

O fechamento do sulco foi realizado com o auxílio de um cultivador canavieiro, adaptado para a cultura de citros, constituído com duas caixas adubadoras de metal com capacidade para 370 litros cada, e o conjunto de discos de grade de 32 polegadas que realizam o fechamento do sulco, enquanto que onivelamento é realizado por uma barra de ferro acoplada através de correntes na parte traseira do equipamento (Figura 3-c).



FIGURA 3. Equipamentos utilizados no sistema convencional: a) Sulcador utilizado na abertura do sulco b) Distribuidor de calcário; c) Cultivador utilizado no fechamento e nivelamento do sulco.

3.2 Equipamentos utilizados no preparo conjugado

Foi utilizado um implemento de fabricação interna da empresa Cambuhy Agrícola Ltda, adaptado a partir do chassi de um sulcador canavieiro, sendo constituído por uma barra porta-ferramenta, duas hastes subsoladoras e um sulcador com asas, centralizado entre as duas hastes subsoladoras (Figura 4).

Na parte superior da barra porta ferramentas encontram-se três caixas de distribuição de insumos, sendo duas caixas laterais para os adubos minerais e uma caixa central que recebe o calcário a ser aplicado no sulco. Este implemento conta também com mecanismo de fechamento e nivelamento de sulcos idêntico ao descrito para a operação de fechamento do sulco no preparo do solo convencional.

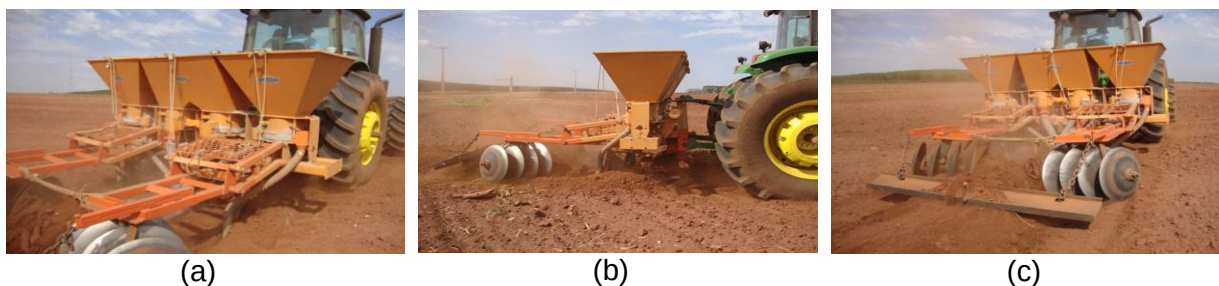


FIGURA 4. Equipamentos utilizados no preparo do solo conjugado: caixas de insumos (a); vista lateral (b); vista traseira (c).

3.3 Tratores utilizados nas operações do preparo de solo

Para as operações de abertura e fechamento do sulco no sistema de preparo do solo convencional, bem como para o sistema de preparo de solo conjugado, foi utilizado um trator da marca John Deere, modelo 7715 4x2 TDA, com 134 KW (182 cv) de potência no motor, à rotação nominal de 1.950 rpm (Figura 5-a). O trator é equipado com sistema de direcionamento automático John Deere StarFire ITC, modelo GS3 GreenStar 2630, com precisão de $\pm 2,0$ cm para ambos os lados da linha de preparo do solo. Para todas as operações descritas acima se utilizou a mesma marcha (2B) e mesma rotação de trabalho do motor (1900 rpm) e em todas as operações, foram monitoradas as variáveis de desempenho operacional, acurácia do sistema direcional e velocidade de deslocamento.

Para operação de distribuição localizada de calcário no sistema de preparo do solo convencional, utilizou-se um trator da marca Massey Ferguson modelo 275 4x2, com 56 KW (75 cv) de potência no motor, à rotação de 2200 rpm (Figura 5-b). Para a operação de calagem utilizou-se a marcha 1B e rotação de 1700 rpm no motor, sendo para esta operação coletados somente os dados referentes à velocidade de deslocamento.



(a)



(b)

FIGURA 5. Tratores utilizados nas operações de preparo do solo localizado: John Deere 7715 (a); e MasseyFergusson 275 (b)

3.4 Equipamentos utilizados no suprimento de insumos

O abastecimento dos insumos (adubo mineral granulado e calcário) para os dois sistemas de preparo do solo (convencional e conjugado) avaliados foram realizados com o auxílio de um caminhão *munck* (Figura 6-a) e por meio de um vagão adaptado pela empresa Cambuhy Agrícola, composto por um motor hidráulico e por uma esteira rolante que direciona o insumo até os compartimentos dos equipamentos que realizam a distribuição do mesmo (Figura 6-b).



(a)



(b)

FIGURA 6. Equipamentos utilizados no suprimento de insumos: caminhão munck(a); e vagão para abastecimento de calcário (b).

4 Variáveis analisadas

4.1 Patinagem dos rodados

A patinagem dos rodados traseiros e dianteiros foi determinada nas operações de abertura e fechamento do sulco, no transplântio convencional e no transplântio conjugado. Utilizou-se a metodologia descrita por Corrêa et al. (1999) em que se utiliza o número conhecidos de giros dos rodados, sem e com carga, em uma determinada distância. Para a determinação de patinagem foram seguidos os seguintes passos:

1. Marcação com o giz dos flancos de um pneu dianteiro e um traseiro do trator;
2. Com o trator em movimento em uma área não trabalhada e com o implemento levantado, cravaram-se duas balizas (uma para cada pneu) no local onde as marcas de giz dos pneus coincidiram com o solo;
3. Cravaram-se mais duas balizas quando foram completadas 10 voltas de cada pneu;
4. Medição das distâncias percorridas pelos dois pneus (d_0);
5. Repetiram-se os passos 2, 3 e 4, porém, com o trator em operação nas parcelas experimentais (d_1).

Com os dados obtidos, calculou-se então a patinagem dos rodados traseiros e dianteiros (Equação 1):

$$P = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100 \quad (1)$$

Em que,

P : patinagem dos rodados (%);

d_0 : distância percorrida pelas rodas sem carga (m), e

d_1 : distância percorrida pelas rodas em operação (m).

4.2 Acurácia do receptor GPS

A acurácia do receptor GPS para o alinhamento do preparo localizado foi mensurada por meio do monitor do sistema de direcionamento automático (piloto automático), considerando como erro de alinhamento os valores de desvios apresentados na tela do monitor.

4.3 Velocidades de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi mensurada por meio do sensor de roda que transfere as informações para o computador de bordo do trator, localizado na coluna direita da cabine do operador, posicionado a 45° do ponto de referência do assento do operador. As informações foram registradas em planilha.

4.4 Estudo de tempos e movimentos

4.4.1 Tempos gastos durante a operação

Os tempos gastos em cada operação foram calculados, a partir dos dados cronometrados por meio de um cronometro digital anotados em uma planilha, sendo então determinados os tempos total, produtivo, de manobras e de abastecimento.

O tempo total (T_T) representa o tempo decorrido entre o início e o fim da operação, ou seja, desde a entrada até a saída do conjunto na área avaliada. O tempo produtivo (T_{PR}) refere-se ao tempo em que o conjunto mecanizado esteve realizando as operações de transplante de mudas de citros. Os tempos de manobra (T_M) são definidos como o tempo necessário para que o conjunto mecanizado possa mudar a direção de deslocamento. Já o tempo de abastecimento (T_A) representa o tempo gasto para abastecer o conjunto com os insumos necessários à realização da operação (calcário ou adubo mineral).

4.4.2 Controle estatístico de processo (CEP)

A análise da variabilidade do processo de preparo localizado do solo foi realizada por meio do controle estatístico, utilizando-se como ferramenta as cartas de controle por variáveis, sendo as variáveis anteriormente descritas utilizadas como indicadores de qualidade.

O modelo de carta de controle utilizado foi “Individual de Amplitude Móvel” (*I-MR: Individual-Moving Range*), que contém dois gráficos (Figura 7): o primeiro correspondendo aos valores individuais amostrados em cada ponto, e o segundo, obtido pela amplitude calculada 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 (3) e (4).

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

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (4)$$

Em que,

LSC: Limite superior de controle;

$\bar{x}$: Média geral da variável;

σ : Desvio-padrão;

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 as variáveis em estudo os valores negativos não possuem nenhum significado físico.

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 então ser investigada. Neste caso, o processo é dito ser

“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”.

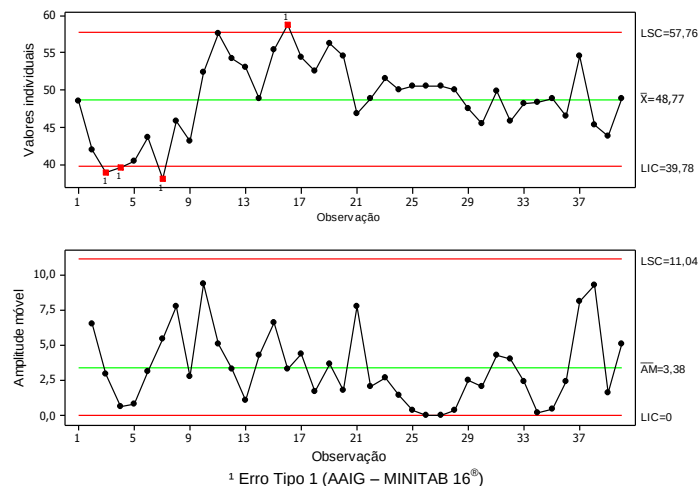


FIGURA 7. Modelo de carta de controle Individual de Amplitude Móvel: a) Carta de valores individuais; b) carta de amplitude móvel.

5 Análises estatísticas

5.1 Estatística descritiva e análise de variância

Os resultados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa Minitab® 16, passando por análise exploratória (estatística descritiva) para verificar a normalidade dos dados, ou a necessidade de transformação para sua normalização, bem como a variabilidade e a ocorrência de dados discrepantes.

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) fator único aplicando-se o teste F de Snedecor, com nível de significância de 5%, para verificar a existência ou não de diferenças entre os tratamentos para as variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos sistemas de preparo do solo convencional e conjugado o teor de água no solo foi de 6,0 e 2,3%, respectivamente.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros da estatística descritiva para as patinagens dos rodados traseiros e dianteiros para os dois sistemas de preparo de solo para o transplântio de citros. Os valores de médias e medianas encontram-se próximos para as variáveis Abertura de Sulco (AS) e Conjugado (CJ) para os rodados dianteiros e traseiros. Apenas tratamento dos rodados dianteiros na operação de Fechamento dos Sulcos (FS) apresentou valores de coeficiente de curtose e assimetria próximos de zero, indicando a normalidade dos dados pelo teste de Anderson-Darling, enquanto que as operações de abertura de sulco e o preparo conjugado apresentaram distribuição assimétrica, com elevados valores de amplitude e desvio padrão do conjunto de dados e ainda com valores de coeficientes de variação médios segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980). Os coeficientes de curtose para as operações de abertura de sulco no preparo convencional e no preparo conjugado apresentaram-se acentuados e positivos, indicando distribuições platicúrticas. Ainda para as mesmas operações os coeficientes de assimetria foram positivos e negativos, indicando a simetria das distribuições.

Pela análise de variância constata-se que a patinagem (Tabela 3), tanto dos rodados dianteiros quanto traseiro, foi menor para a operação de fechamento de sulco, em relação às patinagens na abertura de sulco e na operação conjugada. De acordo com ASABE (2006), os valores de patinagem para maior eficiência de tração, encontram-se entre 11 e 13% para solos mobilizados. Os tratamentos analisados apresentaram baixos valores de índice de patinagem o que pode estar ligado com excesso de lastro no trator ou à utilização de um trator superdimensionado para as operações.

TABELA 3. Estatística descritiva e análise de variância para a patinagem dos rodados do trator na operação de preparo do solo para o transplante de citros.

Parâmetro	Patinagem (%)					
	Rodados dianteiros			Rodados traseiros		
	AS ¹	FS	CJ	AS	FS	CJ
Média ²	7,3a	5,1 b	7,7 a	4,2 a	2,5 b	4,1 a
Mediana	7,2	5,0	7,4	4,1	2,1	4,2
σ^3	1,61	1,92	2,18	1,56	1,25	1,56
Amplitude	10,4	10,7	13,8	8,5	8,1	8,5
CV (%)	22,10	37,88	28,42	37,48	50,73	37,56
Cs	-0,72	0,63	1,88	0,59	2,13	0,55
Ck	3,99	0,91	6,90	1,07	8,22	1,09
AD	1,12 ^A	0,38 ^N	1,76 ^A	0,77 ^A	1,67 ^A	0,57 ^A
Teste F	34,82*			32,06*		

¹ AS: abertura de sulco; FS: fechamento de sulco; CJ: operação conjugada. ² Para cada variável, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³ σ : desvio-padrão; CV, Cs e Ck: coeficientes de variação, assimetria e curtose, respectivamente; AD: teste de normalidade de Anderson-Darling (A:distribuição assimétrica; N:distribuição normal de probabilidade).

Para patinagem dos rodados traseiros (Tabela 3) pode-se observar menores valores patinagem para todos os tratamentos em relação aos rodados dianteiros, ficando abaixo dos índices recomendados pela ASABE (2006), fato este relacionado à menor carga dinâmica sobre o eixo dianteiro, combinado ao avanço do mesmo que auxilia na capacidade do trator se manter alinhado. Os resultados apresentaram ainda altos valores do coeficiente de variação, mesmo assim caracterizou o conjunto de dados como de distribuição assimétrica.

A análise dos parâmetros de estatística descritiva (Tabela 4) para a acurácia do receptor GPS demonstrou que as três operações avaliadas abertura de sulco, fechamento de sulco e conjugada (AS; FS; CJ), apresentaram distribuição assimétrica de probabilidade pelo teste de Anderson-Darling e não diferiram entre si. Em todas as operações contataram-se valores elevados de amplitude e dos desvios padrão e ainda, coeficientes de variação altos segundo a classificação proposta por

Warrick & Nielsen (1980). Os coeficientes de curtose apresentaram-se acentuados e positivos, indicando distribuições platicúrticas.

TABELA 4. Estatística descritiva e análise de variância para a acurácia do GPS e velocidade de deslocamento do preparo do solo para o transplante de citros.

Parâmetro	Acurácia do GPS (cm)			Velocidade de deslocamento Km h ⁻¹			
	AS ¹	FS	CJ	AS	CA	FS	CJ
Média ²	4,8 a	3,4 a	4,7 a	5,8 b	7,7 c	5,9 b	5,7 a
Mediana	4,0	3,0	3,0	5,9	7,6	5,9	6
σ^3	4,18	2,56	4,42	0,27	0,62	0,17	0,44
Amplitude	20,0	11,0	18,0	1,40	2,93	1,2	1,20
CV (%)	86,68	74,46	93,16	4,68	8,11	2,97	7,89
Cs	1,52	0,83	1,24	-2,93	-1,26	-3,78	-0,83
Ck	2,81	0,18	0,95	8,92	2,29	20,52	-1,17
AD	2,39 ^A	1,64 ^A	3,04 ^A	8,57 ^A	2,60 ^A	5,50 ^A	8,74 ^A
Teste F	1,17*			241,06*			

¹ AS: abertura de sulco; FS: fechamento de sulco; CJ: operação conjugada; Ca: calagem. ² Para cada variável, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ³ σ : desvio-padrão; CV, Cs e Ck: coeficientes de variação, assimetria e curtose, respectivamente; AD: teste de normalidade de Anderson-Darling (A: distribuição assimétrica; N distribuição normal de probabilidade).

Pela análise de variância constata-se que as operações (AS; FS; CJ), foram estatisticamente iguais quanto a acurácia do piloto automático em relação ao alinhamento do sulco (Tabela 4). A variabilidade dos dados está relacionada à disposição dos terraços construídos na área para a contenção da água e preservação do solo contra erosões. A passagem do conjunto sobre os terraços geram uma variabilidade na profundidade de trabalho das hastes subsoladoras do implemento o que afeta o tempo de correção do direcionamento do trator em relação as coordenadas estabelecidas pelo sistema do piloto automático.

A análise dos parâmetros de estatística descritiva para a velocidade (Tabela 4) demonstrou que as operações (AS; CA; FS; CJ), apresentaram distribuição assimétrica de probabilidade pelo teste de Anderson-Darling. A abertura e o

fechamento dos sulcos não diferiram entre, enquanto ficaram inferiores à calagem e superiores à operação conjugada. Também se observou baixa amplitude dos dados e dos desvios padrão coeficientes de variação baixos segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos tempos gastos realizados para os dois sistemas de preparo do solo (convencional e conjugado). Para o sistema convencional a operação de calagem não foi contabilizada nos tempos ficando somados somente os tempos das operações de abertura e fechamento dos sulcos.

TABELA 5. Tempos gastos nas operações do preparo do solo para o transplântio de citros.

Operações	Tempos das Operações (h)			
	Total	Produtivo	Manobra	Abastecimento do Insumo
Convencional	4,45	3,41	0,68	0,36
Conjugado	2,29	1,17	0,32	0,80

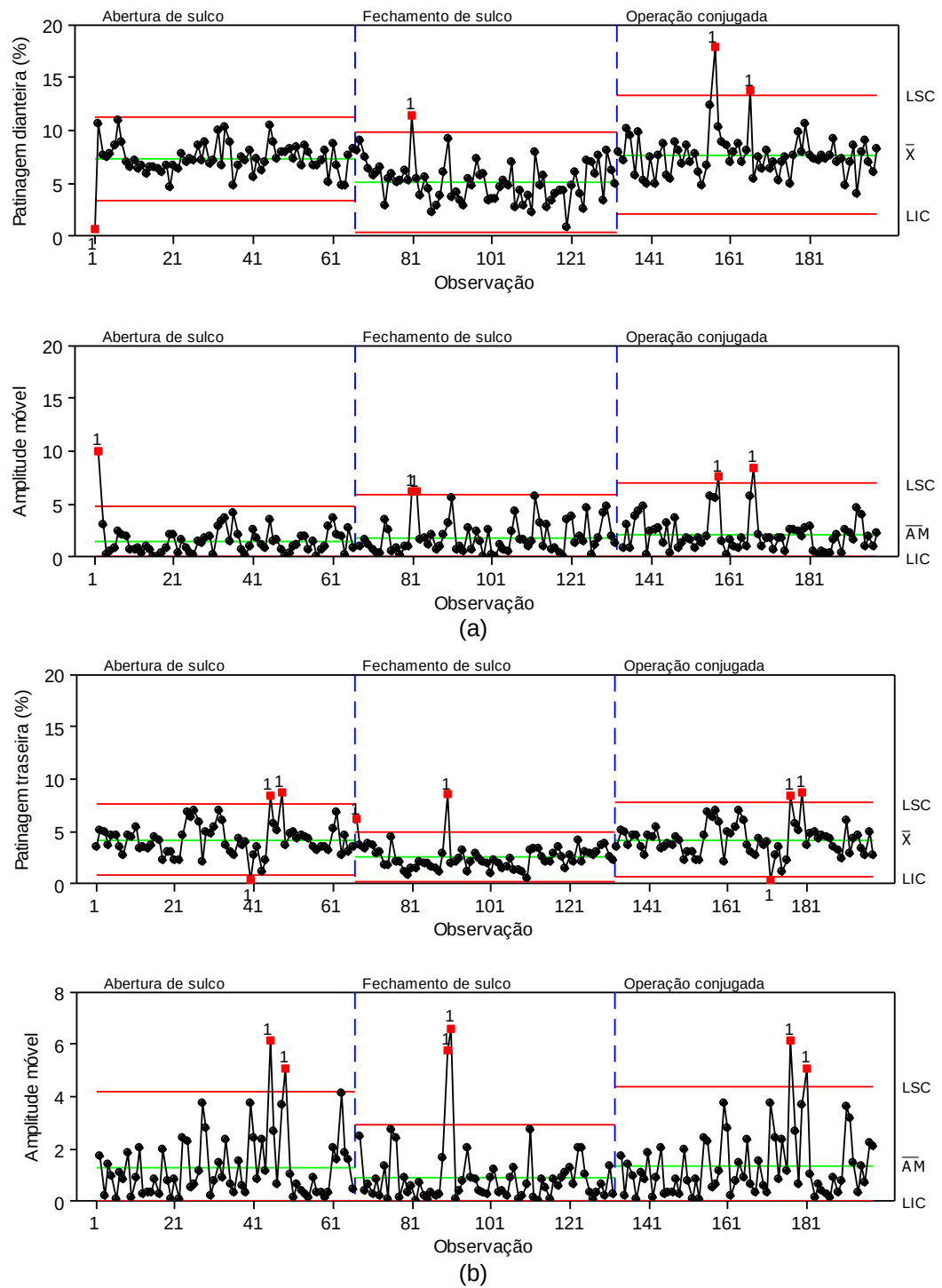
Quando se observam os tempos totais gastos para os dois sistemas de preparo de solo, constata-se que o sistema conjugado apresenta melhor desempenho (menor tempo total), sendo quase duas vezes inferior ao tempo total gasto para o preparo convencional, dobrando a capacidade operacional da operação de preparo do solo para a cultura de citros. Este comportamento se observa também na avaliação dos tempos produtivo e de manobra, que foram menores para o preparo conjugado, apresentando valores inferiores a aproximadamente três e duas vezes os tempos consumidos no preparo convencional. Para o tempo de abastecimento de insumos pode-se observar maior valor de tempo para o sistema conjugado que é aproximadamente duas vezes maior do que o sistema convencional demonstrando que este processo pode ser melhorado.

Nas cartas de controle para a patinagem dos rodados dianteiros (Figura 8-a) observa-se que, no sistema de preparo do solo convencional, existe uma maior distância entre os limites de controle inferior e superior o que demonstra maior variabilidade dos dados. Já a operação de fechamento do sulco, apresentou menor

variabilidade quando comparada com a operação conjugada, o que pode ser observado pela distância entre os limites inferior e superior de controle.

Para a patinagem dos rodados traseiros (Figura 8-b) observou-se comportamento semelhante ao dianteiro, com destaque para menor variabilidade na operação de fechamento de sulco, ficando a abertura de sulco equiparada à conjugada. Independentemente da variabilidade, pode-se constatar para ambas as variáveis a ocorrência de pelo menos um ponto fora de controle nas cartas de valores individuais e de amplitude móvel, para as três operações avaliadas, podendo os processos ser considerados instáveis.

Não obstante a instabilidade detectada, (Figura 8-b) há que se considerar que foram poucos os pontos fora dos limites de controle, que podem ser atribuídos ao fato de que, no início das operações, bem como nas passagens dos conjuntos sobre os terraços, ocorrem variações nas profundidades de trabalho, fazendo com que haja menor ou maior resistência de tração. Este fato fica mais evidente nas cartas de amplitude móvel que, por representarem a variação do processo, demonstram mais claramente o efeito dessa diferença de resistência à tração quando se compara um valor individual ao valor seguinte.



$\bar{x}$ – linha média
LIC – Limite Inferior de Controle

AM – amplitude média
LSC – Limite Superior de Controle

FIGURA 8. Cartas de controle para a patinagem dos rodados do trator: rodado dianteiro (a); rodado traseiro (b).

As variáveis de acurácia do piloto automático (Figura 9-a), para as operações abertura de sulco e conjugada demonstraram que a variabilidade dos dados foi praticamente a mesma, o que pode ser constatado pela variação similar entre os limites de controle em cada tratamento. Já a operação de fechamento do sulco apresentou menor variabilidade dos dados. A incidência de pontos fora de controle caracteriza a instabilidade do processo de operação para a acurácia do piloto automático para as operações avaliadas. A instabilidade do processo pode ser atribuída ao direcionamento das operações, que são realizadas em desnível, obrigando os conjuntos a passar sobre os terraços.

Além disso, outro fato a ser considerado é que, devido à época da realização das operações (mês de agosto), o solo estava seco e também pulverizado em consequência do preparo realizado com grades (pesada, intermediária e leve), motivos estes que prejudicaram a tração dos rodados que juntamente com a massa dosequipamentos, deslocava lateralmente o trator em pontos de maior declividade do terreno. A variação do processo pode ser observada com maior incidência nas cartas de amplitude móvel, demonstrando a diferença de direcionamento da sulcação quando se compara um valor individual ao valor seguinte.

Apesar da existência de instabilidade no processo, nota-se que foram encontrados poucos pontos fora dos limites de controle (entre 1,5 e 3,0%). Esses pontos são frutos de variações de causas especiais Souza (2003), sendo possível identificar os fatores que causam esta variação para eliminar a instabilidade do processo. Entretanto, a eliminação destes pontos não é o objetivo em si deste trabalho, sendo mais importante identificar as possíveis causas da variabilidade.

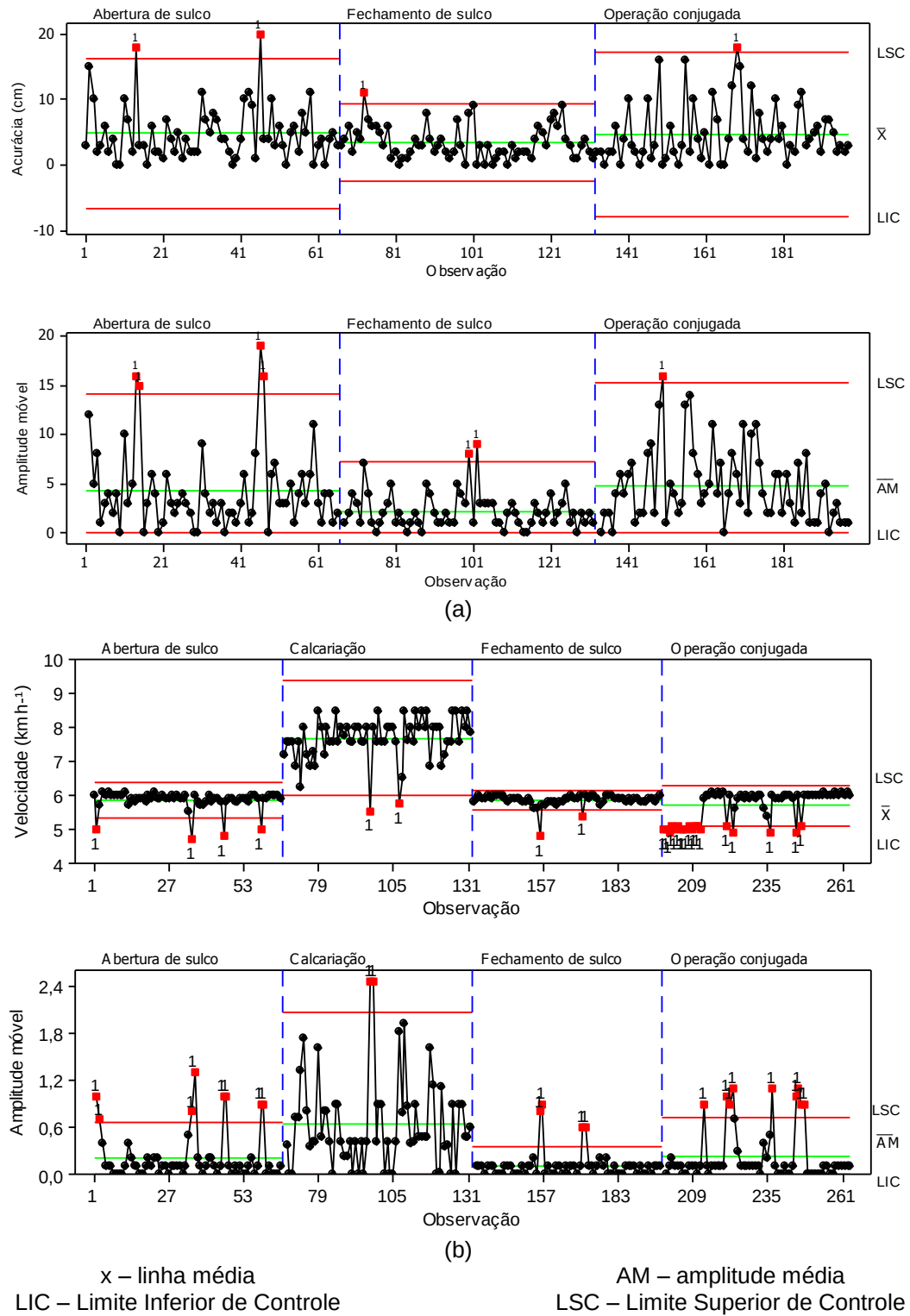


FIGURA 9. Cartas de controle para acurácia do GPS (a); velocidade de deslocamento (b).

A variabilidade da velocidade de trabalho (Figura 9-b) entre os tratamentos abertura de sulco e conjugada foi praticamente a mesma, o que pode ser constatado pela variação similar entre os limites de controle em cada tratamento, porém quando comparadas com a operação de fechamento fica constatado o maior controle desta operação.

As causas especiais de variação são normalmente atribuídas aos fatores denominados 6 M's (mão de obra, matéria-prima, método, medição, máquina e meio ambiente). Supõe-se que no presente trabalho as causas especiais sejam derivadas dos fatores máquina e meio ambiente, pois, como mencionado anteriormente, o preparo do solo, bem como as características ponderais dos equipamentos podem ter influenciado na qualidade das operações. Observa-se que para a operação realizada no sistema conjugado houve grande quantidade de pontos localizados abaixo do LIC, indicando a ocorrência de causas especiais, que neste caso podem ser atribuídas aos fatores mão de obra e máquina.

V CONCLUSÕES

O sistema de preparo do solo conjugado apresentou o melhor desempenho operacional.

A operação de fechamento de sulco apresentou menores valores de patinagem dos rodados dianteiros e traseiros.

A acurácia do receptor GPS foi melhor no fechamento de sulco, mas não variaram nas demais operações.

Sob a óptica do controle de qualidade o processo demonstrou-se instável.

O sistema de preparo do solo conjugado proporcionou menor velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento em relação ao preparo convencional.

As variáveis analisadas foram podem ser utilizadas como indicadores de qualidade para o preparo do solo no transplântio de citros.

VI REFERÊNCIAS

ALVES, C.C. Gráficos de controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos. 2003. 119 p. Dissertação (**Mestrado em Engenharia de Produção**) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ANDRADE, G. D.; PIMENTA, A. A.; GOES, A. Influência do alinhamento de plantio na severidade da mancha-preta-dos-citros, produção e qualidade do suco. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.31, n. 4, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400016>>.

ASABE. American Society of Agricultural and Biological Engineers. **ASABE standards 2006**: EP 496.3 agricultural machinery management. St. Joseph, 2006. p.385-390.

ASSIS, R. L.; LAZARINI, G. D.; LANCAS, K. P.; GARGNELUTTI, F. A. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 558-568, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000400006>>.

AULER, P.A.M.; FIDALSK, J.; PAVAN, M.A.; NEVES, C.S.V.J. Produção de laranja 'pêra' em sistemas de preparo de solo e manejo nas entrelinhas. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 363-374, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100034>>.

AZEVEDO, C. L. L. **Produção integrada de citros**, BA. 2. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. (Sistema de Produção, 15). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosBahia/>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

BAIO, F. H. R.; MMORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n.2, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000200017>>.

BARBOSA, R. S. **Sistema radicular e atributos físicos do solo sob diferentes preparos em citros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Concentração em Água e Solo) –Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

BONILLA, J. A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 334 p.

BONILLA, J.A. **Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura**. 2. ed. Contagem: Littera Maciel, 1995. 250 p.

CECHIN, N. F. **Análise da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e dos equipamentos utilizados no corte raso de povoamentos florestais na região do Planalto norte de Santa Catarina**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 650 p.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias da agricultura de precisão. **Rev. Econ. Sociol. Rur.**, Piracicaba, v. 48, n. 4, p. 543-565, 2010-2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa preliminar safra de laranja Estado de São Paulo: safra 2012/2013**. Brasília, 2013.

CORREA, I. M.; MAZIEIRO, J. V. G.; YANAI, K.; LOPES, A. **Técnicas de determinação de patinagem das rodas motrizes de tratores agrícolas**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1999. 15 p.(Boletim Técnico, 179).

DODSON, M.S. **Avaliação da influência de indicadores de qualidade no custo operacional de um sistema de produção de milho Zeamays (L): estudo de caso de semeadura**. 1998. 80 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE. FPNQ. **Planejamento do Sistema de medição de desempenho**: relatório do Comitê Temático. 2. ed. São Paulo, 2002. 96 p.

GAGO, J.S.N. Corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar: comparação de sistemas alternativos. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1986. p.431-492.

MAYER, N. A.; PEREIRA.; F. E. Vigor de clones de umezeiro e pessegueiro 'Okinawa' propagados por estacas herbáceas. **Pesqui. Agropec. Bras.**, Brasília, v.41, n.5, p.883-887, 2006.

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G T.; CASTRO, C. N.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 759-767, 2006.

MOLIN, J. P.; POVH, F. P.; PAULA, V. R.; SALVE, J. V.; Método de avaliação de equipamentos para direcionamento de veículos agrícolas e efeito de sinais de gnss. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 121-129, 2011.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. 677 p.

OLIVEIRA, T. C. A.; MOLIN, J. P. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.334-342, 2011.

PECHE FILHO, A. **Indicadores de qualidade nas operações mecanizadas do plantio direto**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/indicadores/Index.htm>. Acesso em: 01 jul. 2013.

PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.681-691, 2010.

RIBEIRO, A. L. **Teoria da administração**. São Paulo: Saraiva, 2003. 192 p.

SALAZAR, G.T. **Administração geral**: teoria e gerência das organizações. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 153 p

SAMOHYL, R.W.; ALVES, C.C. O monitoramento de processos industriais via gráficos de controle CUSUM. **Revista UNIVILLE**. Joinville, v.10, n.2, p.72-80, 2005.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; Desempenho operacional e custos de um trator na irrigação pós-plantio de eucalipto em campo. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 59, n.2, p. 164-170, 2012.

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

STABILE, M.C.C.; BALASTREIRE, L.A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. **Eng.Agríc.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 215-223, 2006.

STUART, M.; MULLINS, E.; DREW, E. Statistical quality control and improvement. **Eur. J. Oper. Res.**, Amsterdam, v. 88, n. 2, p. 203-214, 1996.

SUGUISAWA, J.M.; FRANCO, F.N.; SILVA, S.S.S.; PECHE FILHO, A. Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 27, n. esp., p. 41-47, 2007.

TOLEDO, A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA R. P.; LOPES, A.; DABDOUB, M. J. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossolos sob preparo convencional. **Eng.Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 459-467, 2010.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 350p.