
MONITORAMENTO DAS PERDAS NO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA DE TOMATE INDUSTRIAL

Murilo Aparecido Voltarelli¹, Rouverson Pereira da Silva², Cristiano Zerbato³, Vicente Filho Alves Silva⁴, Carla Segatto Strini Paixão⁵

RESUMO

As perdas decorrentes da colheita mecanizada de tomate industrial ainda não são motivo de foco das pesquisas no Brasil, uma vez que estudos sobre este tema são escassos, sendo que essas perdas podem atingir níveis elevados, podendo reduzir sua produtividade. Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da colheita mecanizada de tomate industrial, utilizando as perdas decorrentes da operação, por meio de controle estatístico de processo. O experimento foi realizado utilizando-se uma colhedora marca Co.Ri.Ma SRL, motor Iveco com seis cilindros e potência de 129 kW, monofila, com plataforma de corte atingindo o espaçamento de 1,50 m. A cultivar utilizada colhida foi a Heis 9553 com espaçamento de 1,25 m entre linhas. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, constituindo-se 64 repetições em função de dois tratamentos, sendo eles: sensor ótico ligado e desligado para separação de frutos verdes (com 32 repetições para os frutos verdes e vermelhos). As cartas de controle de valores individuais e de amplitudes móveis são ferramentas que auxiliam no monitoramento da qualidade das perdas decorrentes da operação da colheita mecanizada de tomate industrial. As perdas na plataforma de corte são maiores para os frutos vermelhos apresentando também maior variabilidade decorrente do processo de colheita.

Palavras-chave: cartas de controle, perdas de frutos, *Solanum lycopersicum*, variabilidade

ABSTRACT

MONITORING OF LOSSES IN THE PROCESS OF MECHANICAL HARVESTING OF TOMATO

Losses due to mechanical harvesting of tomatoes are not yet the focus of research in Brazil, since studies on this topic are scarce; however losses can reach high levels, potentially reducing the productivity. In this context, the present study sought to evaluate the quality of mechanized harvesting of tomato on an industrial scale, utilizing the losses arising from the process by means of statistical process control. The experiment was performed using a harvester brand Co.Ri.Ma SRL, Iveco engine with six cylinders and power of 129 kW, monofilament, with cutting platform reaching 1.50 m. The cultivar used was Heis 9553 with spacing of 1.25 m between rows. The experimental design was completely randomized, constituting 64 repetitions in function of two treatments (32 replicates for green fruits and 32 for red fruits). The control charts of individual values and moving ranges are tools that assist in monitoring the quality of losses resulting from the mechanized harvesting operation. Losses on the cutting deck were higher for the red fruits and the highest variability of the harvesting process was also observed for red fruits.

Keywords: control charts, fruit loss, *Solanum lycopersicum*, variability

Recebido para publicação em 26/06/2014. Aprovado em 29/07/2015.

1 - Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Univ Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, e-mail: murilo_voltarelli@hotmail.com;

2 - Engenheiro Agrícola, Prof. Dr., Univ Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, e-mail: rouverson@fcav.unesp.br;

3 - Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Univ Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, e-mail: cristianozerbato@hotmail.com;

4 - Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr. UFRA, Parauapebas - PA, e-mail: vicentedelta@yahoo.com.br;

5 - Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia, Univ Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, e-mail: ca_paixao@live.com;

INTRODUÇÃO

A estimativa da produção de tomate industrial no mundo é de 35.142 milhões Mg, sendo que esta, em relação ao ano de 2012, obteve um incremento de 5,0%, sendo que o Brasil representa apenas 4,75% (1.670 milhões de Mg) desta produção (WPTC, 2013).

Neste contexto, a colheita mecanizada de tomate industrial se torna importante, pois, quanto menores as perdas decorrentes desta operação, possivelmente poderá haver incremento na produtividade por área, refletindo, conseqüentemente, na maior produção total do país (CASA; EVANGELISTA, 2009). No entanto, estudos sobre o monitoramento das perdas na plataforma, nos mecanismos internos e as perdas totais, considerando tanto as quantitativas como as qualitativas, de frutos verdes e vermelhos, durante a colheita mecanizada de tomate industrial, são escassos e/ou inexistentes. Por essa razão, são necessários maiores esforços por parte dos pesquisadores para tentar minimizar a quantidade de perdas e melhorar a qualidade desta operação, principalmente quando se trata da variabilidade destas perdas ao longo da colheita.

Entretanto, tal variabilidade pode ocorrer em níveis elevados dependendo das condições da lavoura (maturação e cultivar), colhedora (facas de corte da plataforma da colhedora e velocidade de trabalho da máquina), mão de obra (experiência do operador em conduzir a máquina), dentre outros fatores, como teor de água no solo e plantas invasoras, sendo estes relacionados ao meio ambiente (ARAZURI *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2003). Tais fatores de variação estão relacionados aos 6 M's (máquina, matéria prima, meio ambiente, método, medição e mão de obra) preconizados pelos programas de qualidade, e que devem ser investigados e eliminados do processo produtivo (PELOIA *et al.*, 2010).

Aliado à importância das perdas decorrentes da colheita mecanizada de tomate industrial, o uso do controle estatístico de processo nesta operação agrícola pode vir a ser fundamental. Isso decorre do fato de que se pode mostrar uma visão de como o processo está ocorrendo por meio do monitoramento ao longo do tempo, indicando eventuais falhas para possíveis melhorias do processo, com o objetivo de aumentar a qualidade destas operações. Alguns autores têm feito uso do controle estatístico de

processo, utilizando as variáveis avaliadas como indicadores de qualidade, para identificar causas não aleatórias ou causas especiais decorrentes da instabilidade ou variabilidade do processo (COMPAGNON *et al.*, 2013; TOLEDO *et al.*, 2013; CASSIA *et al.*, 2013; CHIODEROLI *et al.*, 2012; NORONHA *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2010).

Diante do exposto, pressupondo-se que exista certa variabilidade das perdas de frutos na colheita mecanizada de tomate industrial, podendo influenciar os padrões de qualidade da operação, objetivou-se neste trabalho monitorar o processo, por meio das perdas de frutos decorrentes da colheita mecanizada de tomate industrial, utilizando o controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área agrícola do município de Miguelópolis – SP, em setembro de 2012, na qual o preparo do solo foi realizado por meio do preparo convencional (arado de aivecas seguido de duas gradagens, sendo uma média e outra leve). A área apresenta declividade média de 3%, sendo classificado como relevo plano. Para a realização da caracterização do teor de água no solo e da classe textural do solo, foram retiradas 20 amostras ao acaso nas profundidades de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, respectivamente (EMBRAPA, 1997). O solo apresentou teor médio de água de 17% no momento da colheita e sua classificação foi textural argiloso, com 59% argila.

A colheita foi realizada aos 95 dias após o transplântio, utilizando-se uma colhedora da marca Co.Ri.Ma SRI, motor Iveco de seis cilindros com, potência de 129 kW a 2200 rpm, monofila, com plataforma de corte atingindo o espaçamento de 1,50 m. A máquina operou a 1800 rpm no motor na marcha de trabalho 1N (1ª normal). A velocidade média de deslocamento da colhedora foi de 5,0 km h⁻¹. A cultivar utilizada para a realização da colheita foi a Heis 9553, sendo as mudas transplantadas mecanicamente por um conjunto trator-transplantadora, com espaçamento de 1,25 x 0,33 m, sendo o primeiro valor para a distância entre linhas.

A colhedora possuía um sensor ótico que utiliza a luz na faixa do infravermelho para selecionar objetos, no caso os frutos verdes, sendo estes

detectados no interior da máquina e descartados pela mesma em virtude de um mecanismo mecânico, constituído por um emissor de luz e um fotodetector, sendo estes dois ajustados à mesma frequência de modulação (comprimento de onda da cor verde), sem a interferência da luz ambiental.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, na qual foram constituídos dois tratamentos: sensor ótico para a separação de frutos verdes dos vermelhos, ligado e desligado, com 16 repetições para cada tratamento, sendo analisadas as variáveis perdas de frutos verdes e vermelhos, na qual foram realizadas 32 repetições para os frutos verdes e outras 32 (sensor ligado + sensor desligado) para frutos vermelhos, totalizando 64 repetições.

As variáveis ou indicadores de qualidade avaliados foram: as perdas de frutos verdes e vermelhos na plataforma de corte (PP), perdas nos mecanismos internos da colhedora (PMI) e as perdas totais (PT) com sensor ótico ligado e desligado. Ressalta-se, ainda, que foi realizada a avaliação das perdas totais (PTF), decorrentes da plataforma de corte, mecanismos internos e totais, por meio das somatórias dos frutos verdes e vermelhos, com sensor ligado e desligado. Na determinação das perdas de frutos foi utilizada uma armação retangular, construída com duas barras metálicas e dois cordões de náilon, com medidas ajustáveis para obter a mesma largura da plataforma de corte da colhedora (1,25 m), mantendo-se a área interna de 2,0 m², segundo método proposto por Mesquita *et al.* (1998). A caracterização da produtividade média de frutos da área foi realizada por meio de 10 amostras ao acaso, utilizando-se uma armação de 2,0 m², na qual foi constatado um valor de 86 Mg ha⁻¹.

Todos os frutos (verdes e vermelhos) presentes dentro da armação foram coletados após a passagem da colhedora, sendo classificados como perdas totais. Quando os frutos foram coletados retrocedendo-se a colhedora a uma distância igual ao seu comprimento, foram calculadas as perdas na plataforma, em kg ha⁻¹. Por fim, as perdas dos mecanismos internos foram obtidas por meio da diferença entre PT e PP. Não foram observadas perdas naturais anteriores à colheita, assim como perdas por deficiência na altura de corte. Para a quantificação das perdas, tanto de frutos verdes como vermelhos, foi realizada pesagem do material coletado em função de seu peso úmido, em balança de resolução de 0,01 g, devido ao fato de que os

frutos colhidos são assim entregues a indústria para posterior processamento.

Os resultados foram avaliados por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se os gráficos ou cartas sequenciais, na qual faz uso de valores-padrões (DELLARETTI FILHO; DRUMOND, 1994). Esses valores padrões permitem o monitoramento do processo e a identificação do tipo de variação a que o mesmo está submetido ao longo do tempo, podendo se constituir de: agrupamento – representado por grupos de pontos em determinadas áreas do gráfico, acima ou abaixo da mediana; tendência – que representa uma sequência de sucessivos aumentos ou diminuições nas observações detectadas quando o número de observações úteis for sucessivo, superior a sete; mistura – trata-se de um padrão que indica a ausência de pontos próximos à linha central, ou seja, os pontos se alternam acima e abaixo da linha central (mediana), mostrando que há a existência de dois grupos distintos de dados; e oscilação – indicação da existência ou não de um padrão regular, ocorrendo ao longo do tempo, sendo detectado quando os dados flutuam rapidamente acima ou abaixo da mediana.

A verificação da aleatoriedade dos dados foi realizada por meio do teste de probabilidade a 5% e, uma vez que o p-valor para os padrões seja inferior a 0,05, rejeita-se a hipótese nula de não aleatoriedade, em favor da alternativa para o padrão testado. A ocorrência destes padrões pode indicar que o processo se encontra próximo a extrapolar os limites de controle, ou seja, torna-se instável ou que o mesmo já se encontra nesta situação, mas esse tipo de análise deve ser complementada por meio da verificação das cartas de controle, obtendo assim maior precisão do comportamento dos indicadores de qualidade (MINITAB, 2007).

Foram utilizadas, também, as cartas de controle do tipo I-MR (valores individuais e amplitude móvel), que possuem linhas centrais (média geral e amplitude média), bem como os limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, calculados com base no desvio-padrão das variáveis (para LSC, média mais três vezes o desvio-padrão, e para LIC, média menos três vezes o desvio, quando maior que zero). Estas cartas foram utilizadas a fim de identificar a não aleatoriedade decorrente do processo, bem como avaliar a qualidade da operação, utilizando-se como indicadores de qualidade as variáveis descritas anteriormente (MONTGOMERY, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A perda de frutos totais, na qual se contabilizou os frutos verdes e vermelhos, apresentou padrões de não aleatoriedade apenas para as perdas nos mecanismos internos (PMI), sendo que nos tratamentos com sensor ligado e desligado houve padrão de tendência e oscilação, respectivamente (Quadro 1).

Por outro lado, as perdas totais de frutos (PTF) apresentaram padrão de não aleatoriedade no

tratamento com sensor ligado para as perdas de frutos verdes, constatando-se mistura e oscilação, na qual estes padrões podem representar maior variação das perdas em determinados locais e menor variação em outros, ou seja, próximos aos valores de perdas médios, respectivamente. Para as perdas totais (frutos totais), somente as perdas nos mecanismos internos com o sensor ligado apresentaram padrão de tendência, podendo indicar possíveis aumentos na quantidade de perdas

Quadro 1. Valores padrões de probabilidade dos gráficos sequenciais para as perdas de frutos totais e perdas totais decorrentes da colheita mecanizada de tomate industrial.

Indicadores de qualidade ¹		Perdas de frutos totais ²				
		A**	M	T	O	
PP	Sensor ligado	Frutos vermelhos	0,850 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,853 ^{ns}	0,147 ^{ns}
		Frutos verdes	0,940 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,337 ^{ns}
	Sensor desligado	Frutos vermelhos	0,520 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,580 ^{ns}
		Frutos verdes	0,500 ^{ns}	0,560 ^{ns}	0,487 ^{ns}	0,583 ^{ns}
PMI	Sensor ligado	Frutos vermelhos	0,061 ^{ns}	0,940 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,583 ^{ns}
		Frutos verdes	0,323 ^{ns}	0,677 ^{ns}	0,011*	0,982 ^{ns}
	Sensor desligado	Frutos vermelhos	0,698 ^{ns}	0,302 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,047*
		Frutos verdes	0,391 ^{ns}	0,609 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,799 ^{ns}
PTF	Sensor ligado	Frutos vermelhos	0,067 ^{ns}	0,940 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,337 ^{ns}
		Frutos verdes	0,995 ^{ns}	0,001*	0,953 ^{ns}	0,047*
	Sensor desligado	Frutos vermelhos	0,302 ^{ns}	0,698 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,337 ^{ns}
		Frutos verdes	0,302 ^{ns}	0,698 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,799 ^{ns}
		Perdas totais ³				
PP	Sensor ligado	Frutos Totais	0,500 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,583 ^{ns}
	Sensor desligado		0,500 ^{ns}	0,400 ^{ns}	0,487 ^{ns}	0,583 ^{ns}
PMI	Sensor ligado	Frutos Totais	0,698 ^{ns}	0,302 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,041*
	Sensor desligado		0,391 ^{ns}	0,609 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,799 ^{ns}
PT	Sensor ligado	Frutos Totais	0,402 ^{ns}	0,698 ^{ns}	0,663 ^{ns}	0,317 ^{ns}
	Sensor desligado		0,302 ^{ns}	0,698 ^{ns}	0,201 ^{ns}	0,799 ^{ns}

¹Indicadores de qualidade: PP – Perdas na plataforma; PMI – Perdas dos mecanismos internos; PTF – Perdas totais dos frutos; PT – Perdas totais. **Padrões: A – Agrupamento; M – Mistura; T – Tendência; O – Oscilação. ns – não significativo a $p < 0,05$; *Significativo a $p > 0,05$.

²Perdas de frutos totais: quantificação de frutos vermelhos e verdes;

³Perdas totais: somatória dos frutos vermelhos e verdes.

durante o processo de colheita.

A utilização dos padrões de não-aleatoriedade é uma ferramenta importante para acompanhar a continuidade do processo ao longo do tempo, por meio das detecções de padrões de comportamento não previsível, das amostras, bem como alterações no comportamento dos mesmos. Por outro lado, também é uma maneira de verificar a variabilidade dos resultados (MINITAB, 2007), podendo o processo permanecer ou não previsível e, caso seja necessário, mudanças ou alterações no decorrer do processo devem ser realizadas para sua melhoria. Por fim, para a complementação desta análise é necessário utilizar as cartas de controle de valores individuais e de amplitude móveis, para verificar se há ou não fatores extrínsecos ao processo afetando-o, sendo estes fatores relacionados aos 6 M's (máquinas, mão de obra, matéria prima, método, medição e meio ambiente), na qual esta ferramenta pode nos informar se determinado processo é previsível ou não previsível (VOLTARELLI *et al.*, 2013).

Por outro lado, as cartas de controle para os

valores individuais (Figura 1a) estão com pontos acima do limite superior de controle, situação esta que indica instabilidade do processo para as perdas de frutos verdes e vermelhos na plataforma de corte com o sensor ótico ligado e desligado, podendo esta ser refletida na carta de amplitude móvel (Figura 1b), em função da variabilidade das amostras. Apesar de as cartas de valores sequenciais não detectarem nenhum padrão cíclico no decorrer do processo, quando se analisa os mesmo indicadores de qualidade por meio das cartas de controle, esta consegue detectar alguns pontos que não atendem a qualidade requerida para a operação de colheita, sendo, portanto, necessário à análise conjunta destas duas ferramentas da qualidade para melhor compreensão do monitoramento do processo.

Para tal instabilidade do processo, a possível explicação é decorrente da velocidade de trabalho da colhedora, pois a mesma, em certos momentos da operação, acarreta embuchamentos na plataforma de corte (entrada de maior fluxo de material vegetal na máquina). Isso, conseqüentemente, tem

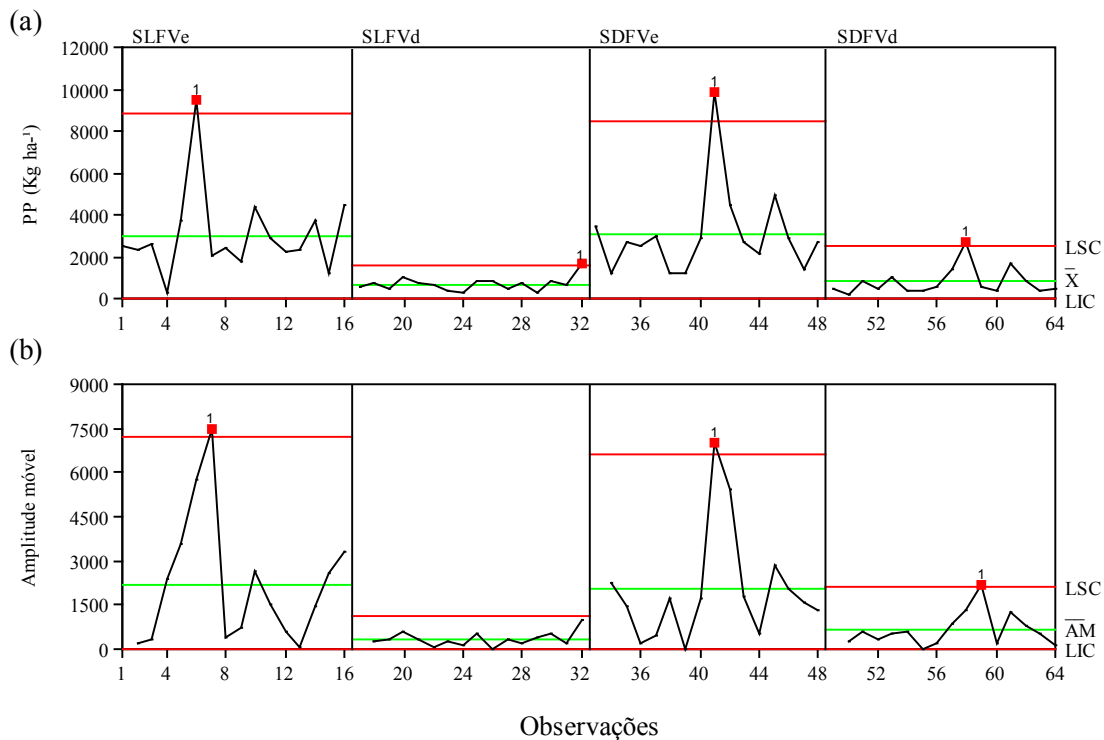


Figura 1. Cartas de controle para as perdas de frutos na plataforma (PP) de corte na colheita mecanizada de tomate industrial (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; \bar{X} : Média dos valores individuais; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

SLFVe – Senso ligado frutos vermelhos; SLFVd – Sensor ligados frutos verdes; SDFVe – Sensor desligado frutos vermelhos; SDFVd – Sensor desligado frutos verdes.

influência nas perdas de frutos verdes (observação nº 6 e 41), representando 20% em relação à perda total média, principalmente nas perdas de frutos vermelhos, sendo maiores em relação aos frutos verdes, devido ao seu estado de maturação avançado se desprendendo facilmente da planta (observações nº 38 e 56), com valores de 80% em relação à perda total, como pode ser observada pela elevada variação do processo apresentada na carta de amplitude móvel.

Outro fator que também pode ser levado em consideração é que, à medida que a máquina se desloca na lavoura, as facas de corte alocadas na base posterior da plataforma devem efetuar o corte com a máxima qualidade possível. Quando isso não acontece, seja pelo desgaste das mesmas ou pela excessiva quantidade de plantas, pode ocorrer o arraste das plantas, proporcionado pelo deslocamento da colhedora, devido ao porte rasteiro da cultura, o que causa intensa vibração das plantas, sendo também motivo de elevada perda de frutos vermelhos.

Zerbato *et al.* (2013), ao avaliarem as perdas decorrentes da plataforma de corte na colheita mecanizada de milho, utilizando as ferramentas do controle estatístico de processo, relataram a instabilidade do processo devido a atuação de fatores extrínsecos aos mesmo. Estes resultados são semelhantes aos que ocorreram para o presente trabalho, na qual a fonte de variação externa, relacionado à matéria prima e máquinas, culminou também na instabilidade da colheita de tomate.

Melo e Vilela (2005) descreveram que os híbridos com características apropriadas à colheita mecanizada tem sido baseada nos resultados de ensaios de competição de variedades, verificando o esforço por parte de empresas privadas e públicas para aprimorar o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas. As cultivares aprimoradas devem possuir: maturação, potencial produtivo, tamanho da rama que deve ser mediano, capacidade de permanência dos frutos na planta em condições de campo, firmeza que permita o transporte dos frutos a granel e o elevado índice de retenção

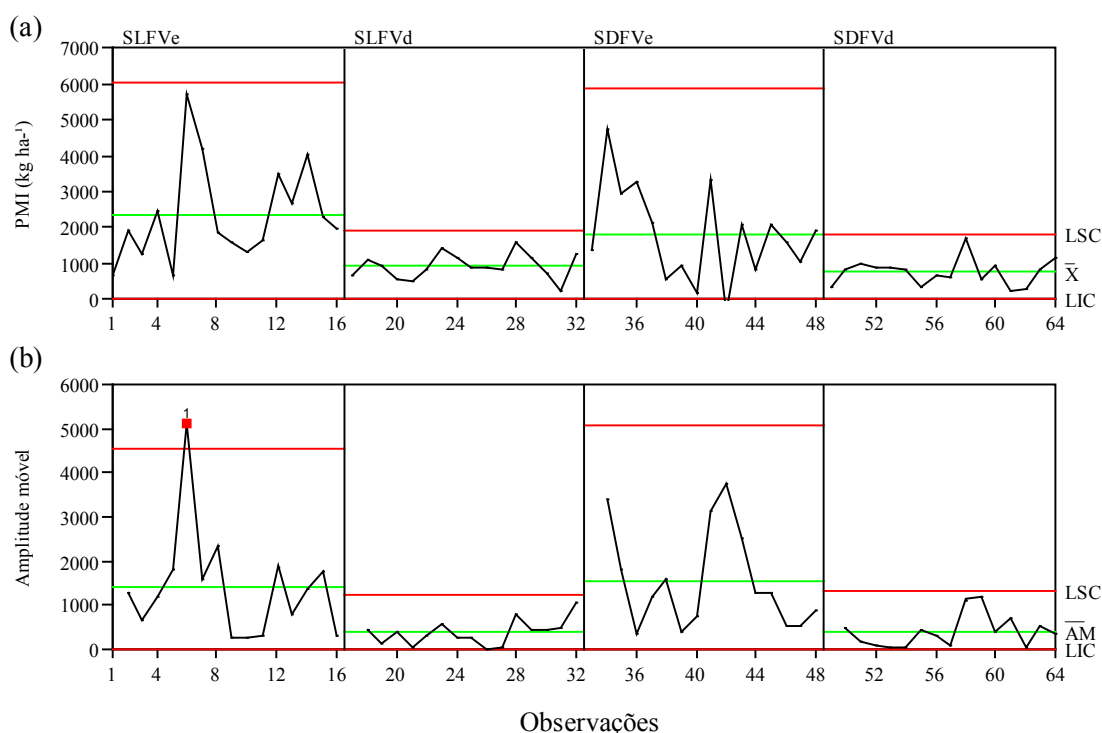


Figura 2. Cartas de controle para as perdas de frutos nos mecanismos internos (PMI) na colheita mecanizada de tomate industrial (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; \bar{X} : Média dos valores individuais; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

SLFVe – Sensor ligado frutos vermelhos; SLFVd – Sensor ligados frutos verdes; SDFVe – Sensor desligado frutos vermelhos; SDFVd – Sensor desligado frutos verdes.

de pedúnculo no fruto e, por fim, a influência do treinamento para a mão de obra e melhor manejo das regulagens na colhedora e em relação as metas a serem atingidas pela unidades produtoras.

As perdas nos mecanismo internos da colhedora apresentaram comportamento previsível ou estável para as perdas de frutos verdes com sensor ligado e frutos vermelhos e verdes com o sensor desligado, podendo ser verificado na carta de valores individuais (Figura 2a). Por outro lado, com o sensor ligado para os frutos vermelhos, o processo foi considerado instável ou não previsível devido ao ponto acima do limite superior de controle na carta de variação do processo (amplitude móvel) (Figura 2b), sendo este ponto explicado em virtude da elevada oscilação da variabilidade das perdas ao longo da operação. Nota-se ainda que as perdas de frutos vermelhos e verdes, em relação à perda total média, foram de, aproximadamente, 71 e 29%, respectivamente, sendo que quando o sensor está ligado as perdas de frutos verdes representam, aproximadamente, 16% deste valor total.

Observa-se ainda que, a maior variabilidade para este indicador de qualidade pode ser evidenciada para os frutos vermelhos, independentemente do uso do sensor ótico. Isso indica que a perda deste tipo de fruto é maior durante a colheita mecanizada, devido à maturidade fisiológica da planta (matéria prima), velocidade de trabalho da colhedora (máquina) e mão de obra relacionada ao operador da máquina.

As perdas totais de frutos verdes e vermelhos com o sensor ótico ligado e desligado, apresentaram-se instáveis durante o decorrer da operação, com pelo menos um ou mais pontos acima do limite superior de controle, tanto para as cartas de valores individuais quanto para a variação do processo (Figura 3a). Essa maior variabilidade também evidenciada para os frutos vermelhos com o sensor ligado e desligado (Figura 3b). Tal situação pode ser explicada em virtude de estas perdas possuírem potencial relação com as perdas de frutos na plataforma, fato este que elevou proporcionalmente os valores médios destas perdas.

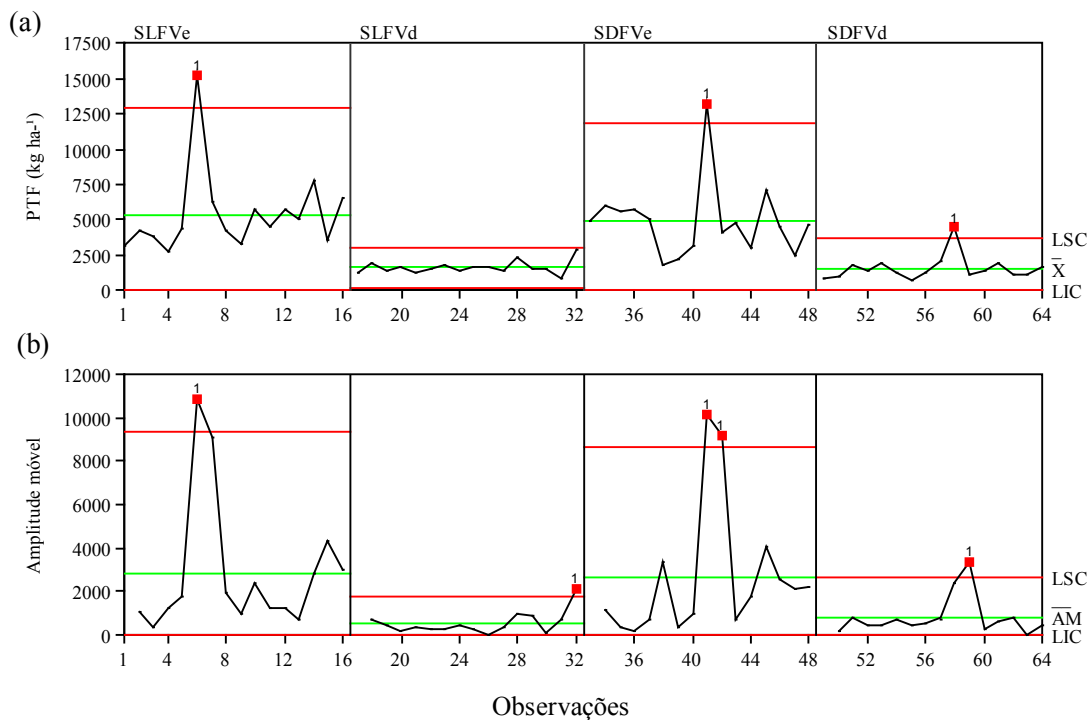


Figura 3. Cartas de controle para as perdas total de frutos (PTF) na colheita mecanizada de tomate industrial (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; \bar{X} : Média dos valores individuais; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

SLFVe – Senso ligado frutos vermelhos; SLFVd – Sensor ligados frutos verdes; SDFVe – Sensor desligado frutos vermelhos; SDFVd – Sensor desligado frutos verdes.

Ressalta-se ainda que, as perdas totais de frutos verdes podem ter sido subestimadas em função de o mecanismo que descarta este tipo de fruto arremessá-los transversalmente ao deslocamento da máquina, ou seja, na avaliação das perdas totais. Colocando-se a armação de 2 m² após a passagem da colhedora, existe a probabilidade destes frutos não serem quantificados, refletindo em baixos valores de perdas para este tipo de frutos, portanto, para futuras avaliações das perdas totais decorrentes da colheita mecanizada de tomate industrial, quando se utiliza o sensor ótico para separação dos frutos, uma nova metodologia ou uma maior área amostral deve ser utilizada para melhor retratar estes resultados.

Tal constatação pode ser potencialmente esclarecida nos valores percentuais das perdas, ou seja, as perdas totais de frutos vermelhos e verdes apresentaram 76 e 24%, em relação à perda total média de cada tipo de fruto, sendo que quando o sensor ótico estava ligado e desligado as perdas de frutos verdes variam entre 12 e 11%, respectivamente, confirmando a ideia que este tipo de perda é subestimado.

Ferreira (2008), estudando a qualidade da colheita mecanizada de tomate, relata a importância das perdas decorrentes do processo, na qual estas perdas podem ser divididas em visíveis e invisíveis. Perdas visíveis são aqueles frutos facilmente quantificados no campo, como danificados, não colhidos, ou que se desprenderam da planta e caíram no chão e os que não foram colhidos ou não trilhados pela máquina, remanescentes nas plantas após passarem do mecanismo de trilha da máquina. Já as perdas invisíveis são as que não são passíveis de serem mensuradas no campo, como a perda do teor de água dos frutos; escorrimento do caldo da polpa, em virtude dos danos causados no processo de colheita; ou, ainda, contaminação do produto por pequenas fissuras que não são perceptíveis no momento da colheita, mas que interferem no valor do produto comercial.

Silva *et al.* (2013), ao avaliarem a qualidade da colheita mecanizada de feijão utilizando o controle estatístico de processo para monitorar as perdas e a sua variabilidade durante a operação, constataram que a variação dos níveis de perdas encontrados é em sua maior parte inerente a própria colheita

e quando fatores externos estão atuando, estes devem ser detectados e posteriormente eliminados para o processo ser estável. Tal consideração pode ser associada aos resultados encontrados para o presente trabalho, ou seja, a detecção dos fatores que levaram o processo a ser instável deve ser diagnosticada, para que a qualidade da colheita mecanizada de tomate industrial seja mantida dentro dos limites esperados pela unidade produtora.

Para a perda total de frutos (somatória dos frutos verdes e vermelhos) na plataforma de corte, mecanismo internos e totais, com exceção das perdas nos mecanismos internos com o sensor ótico de separação de frutos ligado, apresentaram-se instáveis no decorrer da operação, com pelo menos um ponto acima do limite superior de controle das cartas de valores individuais e na variação do processo (Figura 4a). Tais fatos podem ser explicados em virtude das elevadas perdas na plataforma de corte, que por haverem elevados valores de perdas, podem ter influenciado os demais indicadores de qualidade em virtude de ser utilizada no cálculo para a quantificação das demais perdas.

As perdas totais (PT) obtiveram a maior variabilidade do processo (Figura 4b) em relação aos demais tipos de perdas, sendo levemente superior quando se utiliza o sensor desligado. Nesta situação, os valores amostrados das perdas podem ser considerados confiáveis, uma vez que a amostragem desta se dá logo após a passagem da colhedora. Ressalta-se ainda que, os valores das perdas na plataforma de corte, mecanismos internos e totais possuem, em relação à produtividade média da área, um valor total de, aproximadamente, 32%, sendo que para cada um destes indicadores de qualidade as perdas representam para plataforma de corte 30%, mecanismos internos 14% (com sensor ligado e desligado 6 e 8%, respectivamente) e por fim, as perdas totais constituem 56% (com sensor ligado e desligado 29 e 26%, respectivamente).

Compangon *et al.* (2012), utilizando as cartas de valores individuais e de variação do processo na colheita de soja, constataram também a elevada variabilidade das perdas totais no decorrer desta operação, situação esta que pode ser semelhante aos resultados encontrados no presente trabalho.

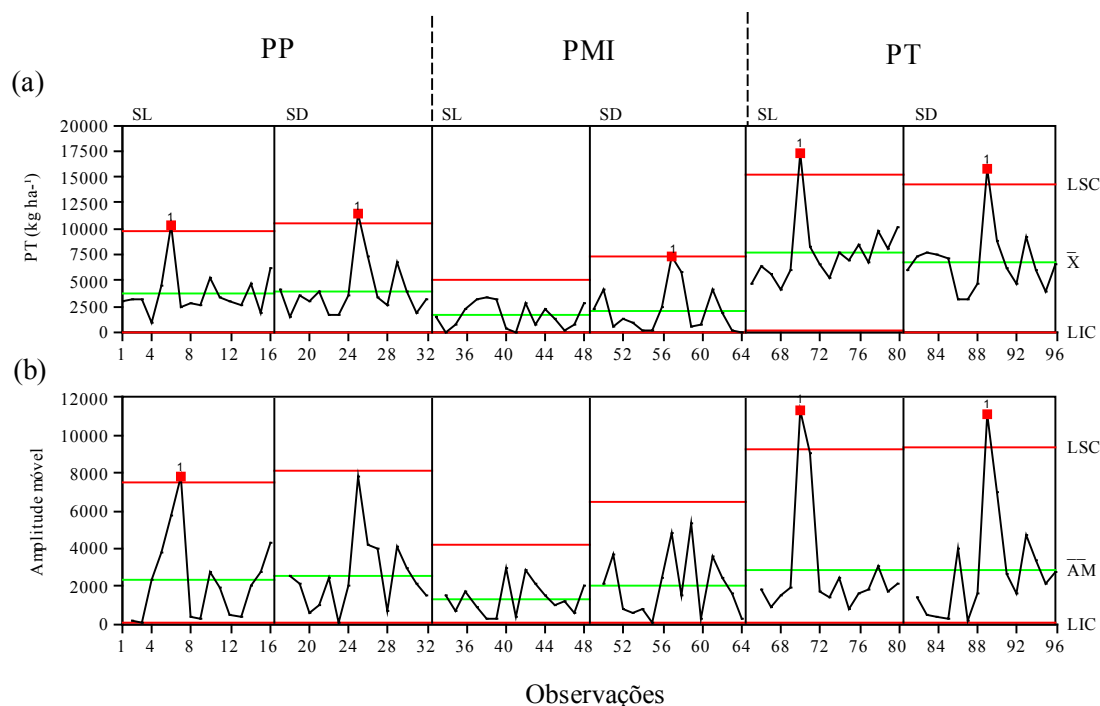


Figura 4. Cartas de controle para as perdas total de frutos verdes e vermelhos (PTF) na colheita mecanizada de tomate industrial (a) Carta de valores individuais. (b) Carta de amplitude móvel. LSC: Limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; \bar{X} : Média dos valores individuais; \bar{AM} : Média da amplitude móvel.

SL – Senso ligado; SD – Sensor desligado frutos vermelhos; PP – Perdas na plataforma de corte; PMI – Perdas nos mecanismos internos; PT – Perdas totais.

Sanchez *et al.* (2006) avaliaram o uso de um dispositivo de auxílio à colheita, propondo a realização de colheitas múltiplas e em condições adaptadas às utilizadas em campo, visando reduzir o tempo requerido para a colheita, e relataram que a colheita com auxílio mecânico apresentou resultados superiores de produtividade horária. Os autores ainda relataram que a qualidade da colheita mecanizada de tomates industrial pode ser melhorada em função do treinamento dos operadores e controle da velocidade de trabalho da máquina, resultando em potenciais aumentos na eficiência da colheita.

A manutenção e a melhoria da qualidade, eliminando as causas de variações externas ao processo ou que causam sua instabilidade, são determinantes para o sucesso de qualquer sistema produtivo, principalmente no que se refere às operações mecanizadas que sofrem elevados índices de variabilidade devido a condições de

fatores não controláveis. Um processo pode ser definido como qualquer combinação dos fatores mão de obra, matéria-prima, métodos, medição, máquinas e ambiente, que colaboram e interagem, de certa forma, para atingir a qualidade de determinado produto ou serviço (SAMOHYL; ALVES, 2009), bem como as metas impostas pelos gestores da operação.

CONCLUSÕES

- As cartas de controle de valores individuais e de amplitudes móveis são ferramentas que auxiliam no monitoramento da qualidade das perdas decorrentes da operação da colheita mecanizada de tomate industrial;
- A qualidade da colheita mecanizada de tomate é influenciada pelos frutos verdes e vermelhos;
- As perdas na plataforma de corte são maiores

para os frutos vermelhos e apresentam também a maior variabilidade do processo;

- As perdas de frutos verdes quando se utiliza o sensor ótico é subestimada, necessitando de adaptação na metodologia para este tipo de avaliação.

REFERÊNCIAS

- ARAZURI, S. JARÉM, C.; ARANA, J.I.; PÉREZ DE CIRIZA, J.J.; Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal Food Engineering**, v.80, n.1, 2007.
- CASA, J.; EVANGELISTA, R.M. Influência das épocas de colheita na qualidade de tomate cultivado em sistemas alternativos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.1, 2009.
- CASSIA, M.T.; SILVA, R.P.; CHIODEROLLI, C.A.; NORONHA, R.R.F.; SANTOS, E.D. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, v.43, n.1, 2013.
- COMPAGNON, A.M.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; GRAAT, D.; VOLTARELLI, M.A. Comparação de métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. **Revista Scientia Agropecuaria**, v.3, n.3, 2012.
- COMPAGNON, A.M.; CASSIA, M.T.; FERREIRA, M.C.; NORONHA, R.H.F.; GUIMARÃES, J.E.R. Quality of pre-emergence herbicide application with adjuvant in sugarcane crop. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.6, n.1, 2013.
- DELLARETTI FILHO, O.; DRUMOND, F.B. **Itens de controle e avaliação de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994, 151p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos e análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- FERREIRA, M.D. **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa/Instrumentação Agropecuária, 2008. 144p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 333p.
- MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, 2005.
- MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G.M.; FRANÇA NETO, J.B.; SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES, J.B. **Manual do produtor: Como evitar desperdícios nas colheitas da soja, do milho e do arroz**. Londrina: EMBRAPACNPSO, 1998. 32p.
- Minitab. **MINITAB Release 16. MINITAB StatGuide** [s.l.]: Minitab., 2007.
- MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 513p.
- NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIODERELLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.70, n.4, 2011.
- PELOIA, P.R.; MILAN, M.; ROMANELLI, T.L. Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, 2010.
- REIS, E.F.; QUEIROZ, D.M.; CUNHA, J.P.A.R.; ALVES, S.F. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*Glycine Max* L.). **Engenharia Agrícola**, v.30, n.5, 2010.
- SAMOHYL, R.W. Controle estatístico de qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 288p.

SANCHEZ, A.C.; FERREIRA, M.D.; MAGALHÃES, A.M.; BRAUNBECK, A.O.; CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. Influência do auxílio mecânico na colheita de tomates. **Engenharia Agrícola**, v.26, 2006.

SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; VOLTARELLI, M.A.; COMPAGNON, A.M.; FURLANI, C.E.A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em dois sistemas de preparo de solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, 2013.

TOLEDO, A.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A. Quality of cut and basecutter blade configuration

for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**. v.70, n.6, 2013.

VOLTARELLI, M.A.; SILVA, R.P.; ROSALEN, D.L.; ZERBATO, C.; CASSIA, M.T. Quality of performance of the operation of sugarcane mechanized planting in day and night shifts. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, n.9, 2013.

ZERBATO, C.; CAVICHIOLI, F.A.; RAVELI, M.A.; MARRAFON, M.; SILVA, R.P. Controle estatístico de processo aplicado à colheita mecanizada de milho. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.3, 2013.