



IMPLANTAÇÃO E ANÁLISE DA CARTA DE CONTROLE (X-AM) EM UMA LINHA DE CLASSIFICAÇÃO DE FRUTOS DE MELÃO AMARELO PARA EXPORTAÇÃO

D. M. GOMES¹, F. PELIZER², J. de P. e SILVA³, L. L. DOMINGOS⁴, S. P. PINHO⁵

^{1,2,3,4,5} Universidade de Uberaba, Curso de Engenharia de Produção.

RESUMO – *O controle Estatístico Processo (CEP) fornece uma descrição do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando controlar a produção e observar as variações ao longo do tempo. Através das cartas de controle de processo, pode-se identificar a ocorrência de causas comuns e especiais de variação. Este trabalho tem por objetivo implantar cartas de controle X-AM em uma cooperativa industrial situada na cidade de Sobral (RN), especificamente na atividade de seleção da especificação do diâmetro médio longitudinal (DML) de melão amarelo (Cucumis melo L.) para exportação. Portanto, os dados analisados referem-se ao diâmetro médio longitudinal (DML) do fruto melão amarelo e coletados aleatoriamente, dez amostras diárias em dez dias subsequentes, na etapa de classificação. As medições foram realizadas manualmente com auxílio de um paquímetro e por um operador apenas. Posteriormente, estes dados foram tabulados no software Minitab 17 e plotados na carta X-AM/I-MR, que demonstrou os valores individuais (I/X) e valores agrupados dois a dois (AM/MR). Verificou-se a partir da performance do processo que 11% dos dados plotados são considerados causas especiais de variação, por estarem fora dos limites superior e inferior de controle e neste caso, também fora dos limites de especificação definidos pelo cliente. O período e escalonamento de plantio, a fertilidade e técnicas de adubação do solo, as variáveis climáticas locais, e os diferentes métodos de irrigação da área de cultivo, a formação de lotes dos frutos e as variações tecnológicas dos produtores rurais são fontes de variações determinantes para a ocorrência de diâmetros de frutos fora da especificação. Como desdobramento da melhoria contínua, em um projeto de atendimento das especificações, o departamento da qualidade deve incluir lotes, fornecedores, horários da coleta dos dados e propor estratégias de melhoria tecnológica à campo com intuito de padronizar os frutos e melhorar a acuracidade do planejamento operacional da agroindústria.*

1. INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial alimentício, assim como os demais segmentos manufatureiros, tem deslocado crescentemente o foco do produto para o cliente. O cliente tem se tornado mais exigente em relação às especificidades do produto e à sua qualidade. Com isso, as indústrias estão sendo

direcionadas a se adequarem às necessidades dos clientes para manterem-se competitivas no mercado (Batalha, 2009).

A agroindústria alimentícia deve manter um padrão de conformidade dentro de sua cadeia produtiva para que a qualidade do produto final atenda às especificações esperadas pelo cliente. Este é o seu maior desafio. A cadeia produtiva deste segmento está diretamente vinculada a variáveis internas e externas ao processo. Estas variáveis se estendem desde os processos produtivos da matéria prima (solo, plantação, colheita, transporte) à entrega do produto final.

Nas várias cadeias de produção de frutas de mesa, em função da variabilidade de frutos, segmentação de mercado e exigência de consumidores faz-se necessário aprimorar as etapas de seleção e classificação de *produtos*, determinando inclusive, a tipificação de embalagens, otimização do transporte, direcionamento de mercado e precificação (Batalha, 2009). É o caso da produção de frutas de mesa em áreas irrigadas, para atendimento de mercados externos, com alto grau de especificidade e contratos agroindustriais com alto valor agregado (Figura 1).



Figura 1 - Frutos de melão amarelo em embalagem comercial determinando o número de frutos e o tipo comercial. Fonte: Moreira et al (2009).

Portanto, o uso e aplicação de cartas de controle dentro da perspectiva do Controle Estatístico do Processo (CEP) permite custos, variabilidades de produtos, melhorar a qualidade percebida e aumentar a competitividade no mercado (Montgomery, 2004). Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é o de implantar cartas de controle X-AM em uma cooperativa industrial situada na cidade de Sobral (RN), que desenvolve as atividades de seleção, classificação e exportação de melão amarelo (*Cucumis melo* L.).

2. CARTAS DE CONTROLE E OS PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS

As ‘cartas de controle’ permitem o monitoramento de variáveis (características de qualidade expressas em valores contínuos) ou atributos (característica de qualidade expressas como presença ou ausência do atributo) que determinam o desempenho do processo. O objetivo das cartas de controle é possibilitar uma avaliação da estabilidade do processo e identificação de causas especiais de variação; e como parte do controle estatístico prover subsídios à tomada de decisões gerenciais relacionadas à eliminação de causas especiais e que deverão ser eliminadas para melhorar o

desempenho do processo e a qualidade do produto (Kume, 1993).

O emprego de cartas de controle de processo sugere outras vantagens como prevenir a incidência de defeitos, evitar ajustes desnecessários no processo, proporcionar aumentos de produtividade e fornecer um diagnóstico da situação atual dos processos, melhorando a qualidade do produto (Siqueira, 1997).

Em geral, as cartas de controle utilizam como dados de entrada, as medições realizadas de uma determinada característica de qualidade ou parâmetro de processo que influencie na qualidade dos produtos manufaturados (Ramos, 2000). As medições são realizadas em pontos espaçados de tempo e registradas graficamente nas cartas, sendo então comparadas contra limites de controle. Através das cartas de controle, o CEP auxilia na identificação de causas especiais e comuns de variação que ocorre na produção.

A ocorrência de causas especiais de variação, nas cartas de controle indicam situações atípicas do processo; tais como a desregulagem de uma máquina ou irregularidades em uma matéria-prima (Montgomery, 2004). Podem ser compreendidas como anomalias que ocorrem no processo fabril e que prejudicam a qualidade do produto manufaturado (Montgomery, 2004). O monitoramento e ação corretiva sobre as causas especiais são de responsabilidade da área operacional da empresa e, portanto, uma vez identificadas as causas especiais, pode-se atuar sobre elas, buscando a estabilização do processo.

Vale ressaltar que, um gráfico de controle não permite a identificação de quais as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas (Werkema, 1995). O prosseguimento metodológico é fundamental, nesse sentido, quanto à identificação e caracterização de quais as causas e como de fato ocorrem.

Porém, as causas comuns atuam continuamente sobre o processo, sendo de natureza essencialmente aleatória e de difícil controle. Atuar sobre causas comuns normalmente requer investimentos na melhoria de equipamentos, troca de matérias-primas ou treinamento de operadores. Uma vez mantidas em níveis razoáveis, as causas comuns não afetam de maneira nociva a qualidade dos itens manufaturados (Siqueira, 1997).

Portanto, ao utilizar as ferramentas estatísticas no controle de processos, Souza (2003) assegura que podem ser indicadas expressões do tipo “Processo sob controle estatístico” e “Processo fora de controle estatístico”. A primeira, diz respeito ao processo onde ocorre variabilidade natural do processo, ou seja, aquela que é inerente ao processo e é resultante, apenas, da ação das chamadas causas comuns. Neste caso, a variabilidade se mantém numa faixa estável, denominada de faixa característica de processo.

A segunda, que trata de uma variabilidade fora de controle, considera que o processo está sob a influência de causas especiais de variação, causas estas, que ocorrem de forma imprevisível, criando instabilidade ao processo já que ele passa a se comportar de forma diferente ao padrão. A



variabilidade neste panorama é bem mais evidente que a do item anterior, fazendo-se necessário investigar, analisar e compreender o fenômeno de ocorrência dos fatores que originaram essa variação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram coletados em uma linha agroindustrial de beneficiamento de frutos de melão para exportação, no período de 03 à 24 de abril de 2015, especificamente quanto à característica de diâmetro de frutos (cm). Considerou-se apenas os frutos de melão amarelo, que representam 45% do *market share* da empresa, dentre os demais comercializados (Orange, Gália, Pele de Sapo e Cantaloupe).

Há evidências no histórico recente no processo analisado, quanto ao não atendimento das especificações de uniformidade de diâmetro médio de melão amarelo. Estima-se que uma oportunidade de mercado em torno de 30%, refletindo no faturamento da empresa, caso sejam atendidas as especificações do produto. Os limites de especificação para o diâmetro do fruto são descritos em acordo comercial com clientes atacadistas europeus. Existe inclusive uma forte relação entre diâmetro médio longitudinal (DML) de frutos (cm), peso médio (g) e espessura média do epicarpo e mesocarpo (mm). Em geral, os frutos com DML abaixo de 9,2 cm não são atrativos ao cliente devido à menor espessura do mesocarpo (polpa do fruto) e epicarpo mais afinado (casca do fruto), podendo aparecer rachaduras e perdas. Já os frutos maiores, com DML acima de 9,6 cm, além de exigirem um consumo mais rápido pelas famílias possuem o mesocarpo mais espesso, porém com cascas mais grossas, dificultando o corte e consumo.

As coletas foram realizadas aleatoriamente em um período amostral de 10 dias de produção, durante o turno de seleção e classificação dos frutos de melão amarelo, sendo que, cada valor indicado na Tabela 1, corresponde à um fruto avaliado (P). A medição do DML dos frutos foi realizada com paquímetro, desconsiderando o efeito de lotes, cargas, município ou tipo de produtor, e realizadas por um operador somente.

Tabela 1 - Registro dos valores individuais, média e desvios do diâmetro médio longitudinal (DML) dos frutos de melão amarelo. (Fonte: Dados da pesquisa).

DATA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Média	Desvio-padrão
03/abr	9,30	9,34	9,37	9,41	9,52	9,41	9,48	9,52	9,45	9,34	9,41	0,0774
06/abr	9,30	9,37	9,41	9,41	9,48	9,48	9,52	9,48	9,23	9,16	9,38	0,1211
08/abr	9,23	9,26	9,23	9,19	9,45	9,48	9,41	9,55	9,63	9,59	9,40	0,1640
10/abr	9,34	9,26	9,41	9,37	9,48	9,37	9,52	9,52	9,45	9,26	9,40	0,0938
13/abr	9,34	9,45	9,45	9,45	9,55	9,48	9,52	9,52	9,19	9,16	9,41	0,1380
15/abr	9,19	9,23	9,19	9,16	9,48	9,48	9,52	9,52	9,59	9,66	9,40	0,1897
17/abr	9,34	9,37	9,45	9,48	9,59	9,45	9,59	9,55	9,48	9,41	9,47	0,08741
20/abr	9,37	9,41	9,37	9,37	9,52	9,48	9,52	9,45	9,26	9,23	9,40	0,0984
22/abr	9,19	9,34	9,26	9,23	9,48	9,52	9,45	9,59	9,66	9,63	9,44	0,1713
24/abr	9,34	9,48	9,45	9,63	9,52	9,52	9,66	9,59	9,41	9,48	9,51	0,09993



Os dados diários foram organizados sequencialmente em uma única coluna, para fins de análise e elaboração da Carta de Controle X-AM. Para as medidas individuais (X), os limites de controle (superior e inferior) são obtidos por:

$$LSC = \bar{X} + \left(\frac{3 \cdot \overline{MR}}{d_2}\right) = \bar{X} + (E_2 * \overline{MR}) \quad (\text{Equação 1})$$

$$LC = \bar{X} \quad (\text{Equação 2})$$

$$LIC = \bar{X} - \left(\frac{3 \cdot \overline{MR}}{d_2}\right) = \bar{X} - (E_2 * \overline{MR}) \quad (\text{Equação 3})$$

sendo LSC, o Limite Superior de Controle; LC, o Limite Central; e LIC, o Limite Inferior de Controle, \overline{MR} a média das amplitudes móveis do diâmetro médio longitudinal, descrita como $\overline{MR} = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m MR_i\right)$, e $E_2 = 3/d_2$, em que d_2 é o fator tabelado para a Linha Central para n números de elementos na amostra (Montgomery, 2004).

Para as amplitudes móveis (\overline{MR}), os limites de controle (superior e inferior) são determinados por:

$$LSC = D_4 * \overline{MR} \quad (\text{Equação 4})$$

$$LC = \overline{MR} \quad (\text{Equação 5})$$

$$LIC = D_3 * \overline{MR} \quad (\text{Equação 6})$$

em que LSC, o Limite Superior de Controle; LC, o Limite Central; e LIC, o Limite Inferior de Controle, \overline{MR} a média das amplitudes móveis do diâmetro médio longitudinal e D_3 e D_4 , os fatores tabelados para os limites de controle, para n números de elementos na amostra (Montgomery, 2004).

Os resultados foram reunidos em um gráfico de controle X-AM, obtidos à partir da função *variable charts for individuals* e a opção I-MR (X-AM) do software MINITAB (v.17), amplamente empregado para o controle estatístico e confiabilidade de processos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Carta de Controle (X-AM), reúne os valores individuais (I) e de amplitude móvel (MR) e devem ser apresentadas conjuntamente (Figura 2). Percebe-se no estrato de valores individuais a ocorrência de causas especiais de variação, representadas por 11 frutos de melão sinalizadas acima e abaixo dos limites superior e inferior de controle. Portanto, 11% dos melões avaliados apresentaram diâmetros acima (3%) e abaixo (8%) dos limites, gerando insatisfação do cliente e afetando a média do conjunto de dados.



No gráfico dos valores individuais (I), observa-se a ocorrência de causa especial de variação nos dias 06, 08, 13, 15, 22 e 24 de abril, concentrando-se mais nos dias 13 e 15/04. Entre os dias 06 e 15/04, e isoladamente no dia 22/04, as causas especiais de variação do diâmetro médio longitudinal de melões ocorrem abaixo do limite inferior de controle ($LCL = 9,1969$ cm), indicando que foram selecionados e comercializados frutos com diâmetro abaixo da especificação do cliente (Figura 2). Em situações de não atendimento de especificações e controle na agroindústria pode haver perda significativa no valor pago pelo lote de frutos conforme contrato, já que os frutos menores, são menos atrativos para o consumidor final.

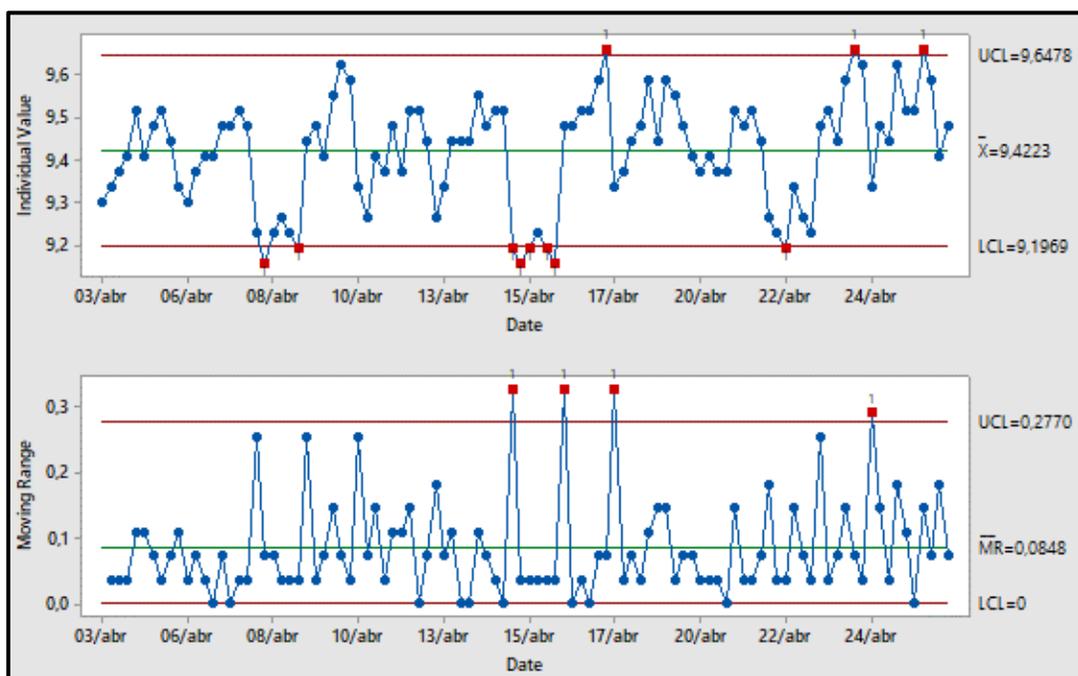


Figura 2 – Carta de Controle X-AM para o diâmetro médio longitudinal (DML) dos frutos de melão amarelo. (Fonte: Dados da pesquisa).

Para o controle de qualidade da agroindústria, a ocorrência de causas especiais e variações bruscas, especialmente de modo restrito em alguns dias de processamento deve desdobrar análises profundas no processo voltados à melhoria contínua e resolução de problemas (Montgomery, 2004). Os estudos, nesse caso, devem considerar as origens dos frutos (unidades rurais), as práticas de manejo nutricional e fitossanitário da lavoura, os tratos culturais adotados e comparados com o padrão, e por fim, se foram seguidas as orientações quanto às datas de colheita.

A ocorrência de três “pontos fora”, acima do limite superior de controle ($UCL = 9,6478$ cm), nos dias 16, 22, 24 de abril, devem indicar ações bastante específicas no planejamento da produção, inclusive pela disposição bem próxima de “pontos fora” abaixo do limite inferior. Desse modo, apesar de se ter maior atenção para as causas especiais de variação, as variações sistêmicas em torno da média demonstram a necessidade de se ajustar o escalonamento da colheita, com



verificações à campo do atributo de controle, para melhor planejamento dos processos agroindustriais de seleção e classificação de frutos de melão.

Na carta de controle de amplitudes móveis (AM) a ocorrência de causas especiais também se repete, devido a variação elevada entre peças, nos dias 15/04 e 17/04, indicado pelos 3 pontos “fora” do limite superior de controle ($ULC = 0,2770$ cm). A ocorrência destas causas especiais tanto nos valores individuais quanto nas amplitudes, mostra que o processo gera normalmente causas especiais, tanto de valores abaixo do limite inferior de controle quanto acima do limite superior. Entende-se que um ajuste das técnicas de previsão de cultivo e colheita, e maior uniformidade de manejo nas unidades rurais pode reduzir muito a ocorrência de causas especiais de variação, inclusive de oscilações sistêmicas ao longo do processo.

Outras fontes de variações da produção agrícola como, o período e escalonamento de plantio, a fertilidade e técnicas de adubação do solo, as variáveis climáticas locais, os possíveis métodos de irrigação da área de cultivo, a formação de lotes dos frutos e as variações tecnológicas dos produtores rurais são relevantes na determinação das especificações do produto. Quanto aos procedimentos agroindustriais, deve-se investigar o método de medição realizado pelo operador, a calibração do equipamento utilizado nessa tarefa, o planejamento de processamento dos lotes e os dias e intervalos de operação da empresa.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu concluir acerca dos gráficos de controle, na avaliação da variabilidade do indicador de diâmetro de frutos de melão que:

- O emprego de carta de controle em processos agroindustriais é um diferencial importante para implementação de programas de melhoria contínua e planejamento operacional em um processo agroindustrial. No processo de classificação de fruto melão amarelo para mercados exigentes, a gestão de variáveis agrícolas é fundamental para atendimento de especificações de clientes.
- Há ocorrência de causas especiais no processo e, portanto, fora dos limites de controle. Essas causas representam 11% do total dos dados coletados e afetam decisivamente a performance do processo e conseqüentemente a qualidade do produto final.
- O alto índice de causas especiais, e principalmente o impacto delas na conformidade do processo é gerado por fontes de variação originadas no setor agrícola. As variações de fertilidade e técnicas de adubação do solo, período e escalonamento de plantio e manejo das áreas de cultivo afetam diretamente o planejamento operacional da agroindústria.

6. REFERÊNCIAS

BATALHA, M. O (Org.). Gestão Agroindustrial. 3. ed. Ed. Atlas. UFSCar. 800p. 2009.



KUME, H. Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade. São Paulo: Editora Gente, 1993.

MINITAB. Release 17 for Windows. Copyright 1972-2017.

MONTGOMERY, D.C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MOREIRA, S.R.; et al. Melão (*Cucumis melo* L.). 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/melao/index.htm>. Acesso em: 9/9/2017.

RAMOS, A. W. CEP para Processos Contínuos e em Bateladas. São Paulo: Ed Edgard Blucher; 2000. 130p.

SIQUEIRA, L.G.P. Controle Estatístico do Processo. 1.ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1997.

SOUZA, R. A. Análise da qualidade do processo de envase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo. 2003. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Negócios com ênfase em Estatística Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

WERKEMA, M.C.C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte – MG: Fundação Christiano Ottoni, 1995.