

Modelagem e gestão das perdas no suprimento de tomates para processamento industrial



Augusto Hauber Gameiro
José Vicente Caixeta Filho
Cleber Damiano Rocco
Rogério Rangel

Resumo

O suprimento de tomates para processamento industrial é uma atividade relativamente complexa. Plantas industriais de larga escala necessitam de elevados volumes diários de matéria-prima. Por outro lado, há alta perecibilidade dos frutos e a colheita ainda é predominantemente manual. Um modelo matemático foi desenvolvido com o propósito de entender objetivamente o processo de suprimento de tomate e, também, vislumbrar possibilidades de sua otimização. A simulação a partir do modelo pode gerar cenários que, quando comparados com o desempenho efetivamente observado em campo, evidenciam a importância da gestão acurada, com a presença de potenciais ganhos financeiros expressivos na cadeia de suprimentos a partir da redução de tempos, perdas e custos. As perdas de produto poderiam ser reduzidas de mais de 2% para algo inferior a 1%. A menor capacidade ociosa traduzir-se-ia em um menor custo de oportunidade e aumento de receita. Para uma fábrica com um consumo de tomates de 336 mil toneladas por ano, a melhoria no suprimento de matéria-prima poderia resultar em ganhos estimados em R\$ 6 milhões por ano.

Palavras-chave: Suprimento. Tomate. Perdas. Colheita. Logística.

1 Introdução

Em 2004, a produção brasileira de tomates foi de 3,515 milhões de toneladas, em uma área de 60,36 mil hectares, gerando um valor bruto da produção agrícola estimado em R\$ 1,685 bilhão (IBGE, 2006). Estima-se que um terço desse volume seja destinado ao processamento industrial, para a produção de alimentos como molhos, extratos, polpas, catchups, sucos etc.

Grandes empresas multinacionais competem com empresas nacionais de médio porte nesse mercado. A adequada gestão da matéria-prima é ponto-chave para a competitividade no setor.

Segundo Camargo et al. (2006), a cadeia produtiva do tomate industrial experimentou notáveis investimentos nos últimos 30 anos, com grande incremento na produção, adoção de novas variedades e híbridos, além de técnicas modernas de cultivo.

Os frutos do tomateiro são altamente perecíveis e de película bastante fina, tornando-se uma matéria-prima frágil para a colheita e movimentação logística. Segundo Giordano & Ribeiro (2000), o fruto possui em sua composição, aproximadamente, de 93 a 95% de água.

Cultivado em grandes áreas, a colheita no Brasil ainda é predominantemente manual. A razoável disponibilidade de mão-de-obra para o serviço ainda se configura – na maioria das situações – como a opção economicamente mais viável a curto prazo.

Assim, nota-se que o suprimento de tomates para processamento industrial é uma atividade relativamente complexa. Plantas industriais de larga escala necessitam de volumes diários significativos. Por outro lado, deve-se considerar a alta perecibilidade dos frutos. Apesar de a colheita ser manual na sua maioria, a evolução da colheita mecânica tem sido muito rápida nos últimos anos. No caso da empresa considerada nesta pesquisa, em 2004 a colheita mecânica respondeu por 9% do volume de tomates, na safra de 2005 foram 38% e em 2006, 62%. A maioria das empresas, por outro lado, apresentou evolução mais lenta nos últimos anos. Estima-se que cerca de 40% da área de tomate para processamento no Brasil tenha sido colhido mecanicamente na safra 2006. Evidências confirmam os elevados valores de perdas existentes nesse

suprimento, conseqüentemente, esforços no sentido de otimizar essa logística de suprimento são necessários.

Este artigo originou-se de uma pesquisa realizada a partir da demanda de uma companhia processadora de tomates que, ciente da necessidade de melhoria no suprimento de sua fábrica, objetivava a otimização do processo via redução de tempos, perdas e, por conseguinte, de custos.

Este trabalho está organizado em oito partes. Esta primeira diz respeito à sua introdução. A segunda parte refere-se à revisão bibliográfica sobre as perdas na pós-colheita, especialmente de tomate. Na terceira parte, é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. A quarta parte descreve a logística de suprimento de tomates na agroindústria objeto da pesquisa, com detalhes desde a colheita até o recebimento na fábrica processadora. Na quinta parte, é apresentada a modelagem matemática do processo de suprimento em questão. A sexta parte contempla as sugestões de parâmetros a serem definidos para aprimorar o suprimento de tomate industrial. Na sétima parte, são apresentados os resultados da simulação dos potenciais ganhos pela melhoria do processo a partir da utilização do modelo proposto com os parâmetros sugeridos. Finalmente, a oitava parte apresenta os comentários conclusivos do trabalho.

2 As perdas na pós-colheita de tomate

Observa-se, tanto na literatura nacional quanto na internacional, uma razoável disponibilidade de trabalhos sobre perdas na pós-colheita de tomate para consumo in natura, também denominado de “tomate para mesa”. Já os trabalhos relacionados ao tomate para processamento industrial ainda são raros.

Perdas agrícolas podem ser definidas como reduções na quantidade física do produto disponível para consumo, que podem vir acompanhadas por uma redução na qualidade, reduzindo o valor comercial ou nutritivo do produto (TSUNECHIRO et al., 1994).

Segundo Ferreira et al. (2006), a mensuração e quantificação dos danos físicos e as perdas sempre foram um desafio.

Kader (1996) afirma que as perdas de quantidade e qualidade na pós-colheita do tomate estão relacionadas à imaturidade na colheita, inadequado controle de qualidade inicial, incidência e severidade de danos físicos, exposição a temperaturas impróprias e demora entre a colheita e o consumo. A redução do tempo entre colheita e consumo pode, conseqüentemente, minimizar as perdas do tomate, afirma o autor.

No Brasil, para o tomate de mesa, Vilela e Luengo (2002) divulgaram um levantamento no qual foi concluído que 14,92% de perdas pós-colheita ocorreram por danos físicos (frutos amassados, rachados e com cortes) e 60%

dessas perdas ocorreram devido à má utilização das embalagens. Costa e Caixeta-Filho (1996) elaboraram uma completa pesquisa sobre a influência das perdas da pós-colheita de tomate de mesa sobre a sua cadeia de suprimentos. Ferreira et al. (2006) realizaram uma pesquisa com o objetivo de quantificar as perdas na pós-colheita de tomate, avaliando-se o efeito do manuseio e transporte na qualidade física dos frutos da cultivar “Romana”. Observou-se aumento progressivo na perda de peso e incidência de danos físicos, bem como nas perdas pós-colheita após armazenamento. Os frutos retirados diretamente do campo de produção (testemunha) apresentaram danos físicos semelhantes àqueles encontrados durante a colheita, devido principalmente a tratamentos culturais, como pulverizações e amarrados. Nas demais etapas, os autores observaram aumento significativo para os danos físicos, sendo esses cumulativos durante o manuseio pós-colheita.

Luengo et al. (2003) obtiveram estimativas da altura máxima tolerável em embalagens para frutas e hortaliças usando métodos para medir a firmeza dependente do turgor em produtos hortícolas. Os autores observaram que o tomate apresentou a segunda menor altura aceitável (29 centímetros) para definição das embalagens, perdendo apenas para a uva Itália (25 centímetros).

Wills et al. (1982) demonstraram que os frutos são muito afetados pela compressão e impactos sofridos durante o transporte.

O'Brien (1980) – em um dos poucos trabalhos relacionados ao tomate industrial – analisou o suprimento de tomate para processamento industrial na Califórnia, concluindo que as perdas podem chegar a 12%, do campo até o processamento, devido ao excesso de impactos físicos que recebe durante o processo. O autor também afirma que a colheita realizada em períodos mais quentes do dia, vis-à-vis àquela realizada logo cedo pela manhã, provoca perdas maiores nas cargas que chegam à fábrica.

Van der Berg (1999) desenvolveu uma pesquisa específica para estimar as fontes de perdas de tomates para processamento industrial no Brasil. Seus resultados vão ao encontro dos estudos para o tomate para consumo in natura, sendo que a pressão sobre os frutos, os tempos, a temperatura ambiente etc., influenciam nas perdas de matéria-prima. Para Moretti et al. (2000), quando a cultivar de tomate para processamento é colhida no ponto correto de maturação, as perdas durante o transporte situam-se entre 2 e 3%. Ainda segundo esses autores, frutos colhidos muito maduros ocasionam perdas de aproximadamente 5% durante o transporte.

3 Metodologia

Segundo Chung (2004), os propósitos de uma simulação são: i) adquirir conhecimento operacional do

sistema; ii) desenvolver políticas de operação e de pesquisa para melhorar o desempenho do sistema; iii) testar novos conceitos e/ou sistemas, antes de sua implementação; e iv) obter mais informações sem causar distúrbio no atual sistema em funcionamento.

Hlupic e Paul (1996), em seu artigo sobre seleção de *software* para simulação em processos manufatureiros, destacam o aumento na complexidade dos sistemas produtivos em busca de ganhos de eficiência e redução de custos. Nesse esforço, os modelos de simulação são fundamentais como ferramentas auxiliares na tomada de decisão operacional de tais sistemas complexos.

Law (1991) acredita que o maior desafio dos modelos de simulação é determinar o nível adequado de detalhamento do modelo. O autor apresenta um “guia geral” para orientar os modeladores na definição do nível de detalhes de seus modelos. Dentre os principais itens definidos pelo autor, destaca-se aquele que afirma que cada situação é específica, de modo que não há modelos universalmente válidos para diferentes situações.

Dessa forma, durante três meses, acompanhou-se minuciosamente todo o processo de colheita e suprimento industrial de tomates em uma agroindústria localizada no Centro-Oeste brasileiro. As observações contemplaram o levantamento de informações de campo, especialmente de tempos e perdas envolvidas no processo.

A partir da coleta de dados e de observações das etapas em campo, pôde-se modelar o processo por meio de equações matemáticas determinísticas capazes de representar o encadeamento das atividades. Após a construção e calibração do modelo, utilizou-se este para simulações a partir de parâmetros pré-determinados com o objetivo de estimar eventuais ganhos com a redução dos tempos, perdas e, conseqüentemente, custos do processo.

As simulações foram realizadas por meio de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel®). Os resultados obtidos a partir do modelo com os parâmetros sugeridos foram comparados com informações empíricas levantadas em campo pelos pesquisadores.

4 Descrição da logística de suprimento

O tomate para processamento industrial pode ser colhido de duas formas: manualmente ou mecanicamente.

Os colhedores chegam na lavoura logo cedo pela manhã, entre às 6 e 7 horas. No final do dia, ao redor das 17 horas, o ônibus os traz de volta para as cidades. A remuneração é baseada no número de caixas colhidas por trabalhador. Cada caixa, que é fornecida pela agroindústria compradora de matéria-prima, tem capacidade média para 21 quilogramas de tomate. A organização da colheita é feita pela distribuição dos chamados “eitos”. Um “eito” é uma área de terra distribuída a cada colhedor. Além dos

colhedores e do “gato”, que é o líder do processo, têm-se os carregadores (responsáveis por carregar (“tombar”) as caixas para dentro do caminhão e descarregar os frutos a granel na caçamba); os fiscais (que controlam a qualidade da colheita); os contadores (que contam o número de caixas colhidas por cada colhedor); e os empilhadores (que organizam as caixas para que o caminhão possa passar e coletá-las).

Em relação ao carregamento, existem as chamadas “turmas de carregamento”. Cada turma é composta por 6 ou 8 pessoas. Em cada lateral do caminhão, ficam duas pessoas sobre uma prancha presa à carroceria. No chão, uma ou duas pessoas ficam posicionadas na frente da prancha. Estas pegam as caixas do chão (uma por vez) e as colocam sobre a prancha. Os dois carregadores que estão sobre a prancha, por sua vez, pegam essa caixa e tombam-na, despejando o tomate dentro da caçamba. Imediatamente essa caixa esvaziada é arremessada no chão para ser reutilizada.

A colheita mecânica é realizada por máquinas automotrizes específicas para a colheita do tomate. As máquinas são importadas, geralmente da Itália e dos Estados Unidos. No processo de colheita, a máquina precisa ser acompanhada por um caminhão ou outro equipamento de transbordo puxado por trator, para que o tomate seja concomitantemente despejado assim que é colhido.

Os caminhões carregados com tomate – independentemente de a colheita ser manual ou mecânica – fazem o transporte até a fábrica. O transporte é feito a granel, em caminhões geralmente do tipo *truck* (com capacidade aproximadamente de 15 a 17 toneladas) ou do tipo carreta (27 toneladas). As caçambas são do tipo simples, de madeira, ou ainda, do tipo “piscina”. Trata-se literalmente de uma piscina de fibra de vidro que é adaptada sobre os chassis dos caminhões para receber os tomates. Os transportadores são autônomos, contratados geralmente por safra e têm sua remuneração determinada por tonelada transportada.

Ao chegar à fábrica, os caminhões acabam entrando em uma fila de espera que, dependendo do dia e horário, apresenta-se bastante extensa. Devido à alta perecibilidade do tomate, à medida que o tempo passa, os frutos começam a se romper e as perdas de peso vão aumentando significativamente. Antes do caminhão ser pesado, a carga é drenada, de modo a retirar o líquido decorrente do esmagamento dos frutos.

A Figura 1 ilustra o número médio de caminhões por hora na fila, considerando o período de uma safra (no caso, de julho a novembro de 2003).

O comportamento apresentado na Figura 1 permite observar que há um maior número de veículos na fila no período da tarde até às 21 ou 22 horas, quando chega um grande número de carregamentos provenientes do campo. A partir de então, encerra-se o suprimento vindo

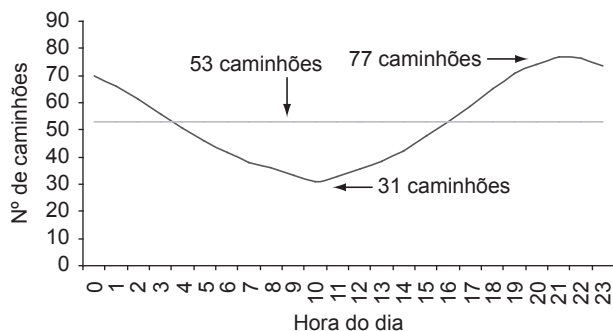


Figura 1. Número médio de caminhões por hora na fila (GAMEIRO et al., 2007).

do campo (uma vez que não há colheita noturna) e a fila começa a ser reduzida diante do funcionamento 24 horas da fábrica, para atingir um tamanho mínimo por volta das 10 horas da manhã, quando o estoque do dia anterior foi consumido em grande parte e ainda não chegaram os carregamentos provenientes da colheita desse dia.

A existência dessa fila de espera significativa é um dos principais motivos de preocupação da logística do tomate, uma vez que há uma série de problemas associados, como a necessidade de um grande número de caminhões em operação, custos do pernoite desses motoristas em espera, perdas de qualidade e quantidade de matéria-prima, dentre outros.

O efeito das altas temperaturas do ambiente, típico das regiões produtoras de tomate, bem como da pressão do peso da carga, favorece o processo de esmagamento e deterioração do produto, como demonstrado por Pharr e Kattan (1971), Wills et al. (1982), Polderdijk et al. (1993), Kader (1996), Giordano et al. (2000), Ferreira et al. (2006) entre outros. A altura da carga, que geralmente varia entre 120 e 140 centímetros nas caçambas, é bastante superior à recomendada por Luengo et al. (2003), de 29 centímetros.

De uma forma geral, os dados que representam os indicadores logísticos do suprimento da fábrica são apresentados na Tabela 1.

O tempo médio de um caminhão em espera para o processamento estava ao redor de 11 horas, em uma fila de 53 caminhões. Além desse tempo na fábrica, observou-se que os frutos esperam, em média, mais 6 horas para serem carregados no campo depois de colhidos e dispostos nas caixas. Para a colheita de 336 mil toneladas de tomate durante a safra, a empresa utiliza 166 mil caixas plásticas, o que se configura como um importante ativo imobilizado, sendo que cada caixa tem um valor aproximado de R\$ 4,00 (quatro reais). As caixas sofrem elevada deterioração em função da natureza do processo e do descuido dos colhedores. O percentual de perdas anuais de caixas está ao redor de 20%.

Tabela 1. Indicadores da cadeia de suprimentos de tomate da fábrica estudada (2003).

Parâmetros	Valores
Tempo médio de espera de um caminhão para descarregamento	11 horas
Tamanho médio da fila de espera	53 caminhões
Tempo médio de espera do tomate no campo (dentro das caixas)	6 horas
Número de caixas necessárias para a colheita manual	166.000
Número de caminhões em operação na safra	175
Percentual de perdas anuais de caixas	20%
Número de caixas perdidas anualmente	33.200
Quantidade processada por safra	336.000 t
Capacidade ociosa da fábrica em função dos problemas logísticos	10%

Fonte: resultados da pesquisa.

5 Modelo representativo do suprimento de tomates para processamento

5.1 Demanda da manufatura

É o volume de tomate demandado pela fábrica em um intervalo de 24 horas (D_d). Esse volume deve ser dividido pelo número de horas necessárias para suprir a fábrica, o turno da fábrica (T_f), para se obter o volume necessário para abastecer a fábrica em um intervalo de uma hora (D_h):

$$D_h = \frac{D_d}{T_f} \quad (1)$$

5.2 Definição das lavouras

O número de lavouras (l) capazes de suprir a quantidade demandada pela fábrica em um dia (D_d) com a quantidade colhida total (quantidade ofertada) (C_d), é dado pelo somatório das quantidades colhidas em todas as lavouras:

$$D_d \cong C_d = \sum_{l=1}^n C_{ld} \quad (2)$$

Deve-se considerar, porém, a existência de perdas (ω_d) na cadeia de suprimento. Assim, a quantidade efetivamente a ser colhida deve ser superior à demandada:

$$D_d = C_d - \omega_d \quad (3)$$

As perdas serão consideradas oportunamente neste processo de modelagem.

Doravante, todas as variáveis serão consideradas para o intervalo de um dia, de modo que o subscrito d será eliminado da expressão da modelagem para simplificar a representação.

As variáveis relevantes para definir a quantidade colhida em cada lavoura l (C_l) são: área (A_l) e a produtividade (P_l):

$$C_l = A_l \times P_l \quad (4)$$

5.3 Configuração das frentes de colheita manual

Definidas as lavouras a serem colhidas, devem-se configurar as frentes de colheita para cada uma delas. No caso da colheita manual devem ser considerados os seguintes parâmetros:

5.3.1 Turno de colheita

Dividindo-se a quantidade a ser colhida na lavoura l pelo turno, em horas, determinado T_{c_l} , obtém-se o volume a ser colhido em um intervalo de uma hora (h):

$$C_{lh} = \frac{C_l}{T_{c_l}} \quad (5)$$

Sendo que,

$$C_l = \sum_{h=1}^{T_{c_l}} C_{lh} \quad (6)$$

5.3.2 Carregamento

Dividindo-se a quantidade a ser carregada na lavoura l pelo turno de carregamento determinado T_{g_l} , obtém-se o volume a ser carregado em um intervalo de uma hora (G_{lh}):

$$G_{lh} = \frac{C_l}{T_{g_l}} \quad (7)$$

Sendo que,

$$C_l = \sum_{h=1}^{T_{g_l}} G_{lh} \quad (8)$$

5.3.3 Número de colhedores

O número de colhedores (Ng_l) deve ser determinado em função da quantidade a ser colhida na lavoura - esta dada pela área A_l em hectares multiplicada por sua produtividade P_l em toneladas por hectare - do turno de colheita (T_{c_l} em horas) e da produtividade média dos colhedores (P_c em caixas por hora).

$$Nc_l = 47,62 \frac{A_l \times P_l}{T_{c_l} \times P_c} \quad (9)$$

A constante da **Equação 9** é utilizada para fazer a conversão da unidade de peso entre tonelada e caixas, sendo que uma caixa tem capacidade para 21 quilogramas de matéria-prima.

É bastante comum na prática o número de colhedores ser determinado pela disponibilidade de mão-de-obra na

localidade. Assim, como Nc_l passa a ser predeterminado nesses casos, deve-se calcular a área a ser colhida:

$$A_l = \frac{Nc_l \times T_{c_l} \times P_c}{47,62 \times P_l} \quad (10)$$

A partir dessa área, por meio da Equação 4, pode-se obter a quantidade de matéria-prima que será colhida na lavoura l .

5.3.4 Número de turmas de carregadores

Cada turma contém 6 ou 8 carregadores, sendo j o número de carregadores. O número de turmas de carregadores (Ng_l) dependerá da quantidade a ser colhida, do turno de carregamento e da produtividade média da turma (P_g em toneladas por hora):

$$Ng_l = 0,04762 \frac{A_l \times P_l}{T_{g_l} \times P_g} \quad (11)$$

Ng_l fornece o número de turmas para realizar o carregamento em um turno completo de T_{g_l} horas. Caso esse turno seja muito longo, pode-se fracioná-lo para turmas que trabalhem menos horas. Desse modo, o número de turmas para um turno com metade das horas deve ser assim calculado:

$$Ng_l^{\text{meio-turno}} = 2Ng_l \quad (12)$$

5.3.5 Número de fiscais de colheita

Um fiscal de colheita é capaz de fiscalizar entre 30 e 50 colhedores em um dia. Logo, o número de fiscais deve ser assim determinado:

$$\frac{Nc_l}{50} \leq Nf_l \leq \frac{Nc_l}{30} \quad (13)$$

5.3.6 Número de empilhadores

Um empilhador é capaz de manejar as caixas operadas por entre 20 e 30 colhedores em um dia. Logo o número de empilhadores deve ser assim determinado:

$$\frac{Nc_l}{30} \leq Ne_l \leq \frac{Nc_l}{20} \quad (14)$$

5.3.7 Número de contadores

Um contador é capaz de contar as caixas operadas por entre 10 e 15 colhedores em um dia. Logo o número de contadores deve ser assim determinado.

$$\frac{Nc_l}{15} \leq Nd_l \leq \frac{Nc_l}{10} \quad (15)$$

5.3.8 Número de ônibus para transporte dos colhedores

O número de veículos (No_l) para o transporte da equipe de colheita é uma função do número de pessoas a

serem transportadas e da capacidade de lotação (Lo_i) do veículo:

$$No_i = \frac{Nc_i + j \times Ng_i + Nf_i + Ne_i + Nd_i}{Lo_i} \quad (16)$$

Sendo j o número de pessoas que compõem uma turma de carregadores (6 ou 8 pessoas).

5.3.9 Tamanho do “eito”

O tamanho do “eito” para cada colhedor deve ser função da sua produtividade. Partindo de:

$$Nc_i = 47,62 \frac{A_i \times P_i}{Tc_i \times Pc} \quad (9)$$

E, considerando Nc_i (um colhedor i), tem-se que sua área (em hectares) deverá ser de:

$$A_i = \frac{Tc_i \times Pc_{li}}{47,62 \times P_i} \quad (17)$$

Dado que uma das dimensões do eito (a largura) é convencionalmente fixada em 10 metros, o comprimento do eito (em metros) a ser trabalhado pelo colhedor em um turno de Tc_i horas, dada sua produtividade e a produtividade da lavoura, é:

$$Eito_i = 21 \times Tc_i \times \frac{Pc_{li}}{P_i} \quad (18)$$

Mas é necessário que a seguinte restrição seja obedecida:

$$\sum_{i=1}^{Nc_i} Eito_i = 1000 \times A_i \quad (19)$$

Caso contrário, a meta de quantidade colhida não será atingida.

5.4 Definição do número de caixas

Definida a configuração da equipe, deve-se determinar o número de caixas necessárias para a colheita na lavoura.

5.4.1 Na lavoura

O número de caixas necessárias (Nx_i) para a colheita da lavoura i é dado pelo somatório da diferença entre o volume de matéria-prima colhida (C_{ih}) e o volume de matéria-prima carregada (G_{ih}), em cada intervalo de tempo (h):

$$Nx_i = 47,62 \sum_{h=1}^{Tc_i} (C_{ih} - G_{ih}) \quad (20)$$

Sendo que C_{ih} e G_{ih} foram apresentadas nas Equações 5 e 7, respectivamente.

5.4.2 “Tombos”

É o número de vezes que uma caixa é utilizada para carregar o caminhão durante um dia de colheita. O número de tombos é definido por:

$$Tb_i = \frac{47,62 \sum_{h=1}^{Tc_i} C_{ih}}{Nx_i} \quad (21)$$

Ou ainda,

$$Tb_i = \frac{Tg_i}{Tg_i - Tc_i} \quad (22)$$

Considerando-se os turnos de colheita sugeridos (8 ou 12 horas), bem como os de carregamento (20 horas), pode-se concluir que o número de tombos poderá ficar dentro dos seguintes intervalos:

$$1 \leq Tb_i \leq 1,7 \quad (23)$$

se o turno de colheita for de 8 horas; e

$$1 \leq Tb_i \leq 2,5 \quad (24)$$

se o turno de colheita for de 12 horas.

5.5 Configuração das frentes de colheita mecânica

Definidas as lavouras a serem colhidas mecanicamente, devem-se configurar as frentes de colheita, considerando-se alguns parâmetros adiante descritos.

5.5.1 Turno de colheita

A definição da quantidade a ser colhida segue as mesmas diretrizes para a colheita manual, já apresentada. A única diferença é que surge a variável Tm_i : turno, em horas, da colheita mecânica. Portanto, têm-se, similarmente, válidas as Equações 25 e 26:

$$C_{ih} = \frac{C_i}{Tm_i} \quad (25)$$

$$C_i = \sum_{h=1}^{Tm_i} C_{ih} \quad (26)$$

5.5.2 Carregamento

para o carregamento da matéria-prima colhida mecanicamente faz-se necessária a presença do veículo de transporte. Assim, obrigatoriamente, a quantidade colhida precisa ser equivalente à carregada:

$$G_{ih} = C_{ih} \quad (27)$$

5.5.3 Número de máquinas colhedoras

O número de colhedoras (Nm_i) deve ser determinado em função da quantidade a ser colhida na lavoura - esta dada pela área A_i em hectares, multiplicada por sua produtividade P_i em toneladas por hectare - do turno de

colheita (Tm_1 em horas) e da produtividade média das colhedoras (P_m em toneladas por hora).

$$Nm_1 = \frac{A_1 \times P_1}{Tm_1 \times Pm} \quad (28)$$

É bastante comum na prática o número de máquinas ser determinado pela disponibilidade na ocasião. Assim, como Nm_1 passa a ser predeterminado nesses casos, pode-se calcular a área a ser colhida:

$$A_1 = \frac{Nm_1 \times Tm_1 \times Pm}{P_1} \quad (29)$$

A partir dessa área, por meio de (3), pode-se obter a quantidade de matéria-prima que será colhida na lavoura l.

5.6 Definição do tamanho da frota de caminhões

5.6.1 Tempo de suprimento

O tempo necessário para o suprimento a partir da lavoura l (Ts_1) é composto pelo tempo de viagem desta lavoura à fábrica (Tv_1) e pelo tempo necessário para a recepção (Tr_1) da matéria-prima na fábrica (entrega de documentos, drenagem, classificação, pesagem, descarregamento, etc.).

$$Ts_1 = Tv_1 + Tr_1 \quad (30)$$

5.6.2 Para uma lavoura l

o número de caminhões envolvidos no suprimento da hora h na fábrica, a partir da lavoura l é definido pelos caminhões que estão sendo carregados no campo,

viajando em direção à fábrica e viajando para captar a

matéria-prima no campo ($\sum_{t=h-Ts_1}^{Ts_1} G_{lt}$) e pelo número de caminhões que está descarregando na fábrica (D_{lh}). Tal somatório deve ser dividido pela capacidade média de transporte dos caminhões (P_{ca}):

$$F_{lh} = \frac{1}{Pca} \left(\sum_{t=h-Ts_1}^{h+Ts_1} G_{lt} + D_{lh} \right) \quad (31)$$

Em que t representa o número de horas necessárias para que a matéria-prima carregada no campo chegue à fábrica.

Devido ao risco de quebra dos caminhões, deve-se considerar um número adicional de veículos para evitar que essas eventuais quebras entrem a cadeia de suprimento. Esse risco pode ser representado pelo parâmetro r, que representa a probabilidade de ocorrência de uma quebra no caminhão:

$$F_{lh} = \frac{r}{Pca} \left(\sum_{t=h-Ts_1}^{h+Ts_1} G_{lt} + D_{lh} \right) \quad (32)$$

O parâmetro r pode ser calculado a partir de uma análise estatística da ocorrência histórica de quebra de caminhões que suprem a fábrica, ou a partir de um coeficiente técnico de risco de quebra fornecido pelos fabricantes dos veículos.

O número de caminhões necessários para serem alocados na lavoura l durante o dia d é o número máximo de caminhões necessários nas diferentes horas de trabalho. Portanto:

$$F_{ld} = \max F_{lh} \quad (33)$$

5.6.3 Dimensionamento da frota de caminhões para todas as lavouras

O número de caminhões necessários para atender a todas as lavouras no momento h é definido pelo somatório dos caminhões alocados para cada lavoura l, acrescido do número de caminhões que se encontra na fila no momento h, representado por $L_{h,caminhões}$:

$$F_h = \sum_{l=1}^n F_{lh} + L_{h,caminhões} \quad (34)$$

O número de caminhões necessários para o suprimento da fábrica no dia d é o número máximo de caminhões necessários nas diferentes horas durante o dia de colheita:

$$F_d = \max F_h \quad (35)$$

5.7 Tempos de espera e estimativas de perdas

5.7.1 Fila na fábrica

A quantidade (em toneladas) de matéria-prima que compõe a fila de espera (L_h) no período h é dada por:

$$L_h = \sum_{l=1}^n G_{l(h-Ts_1)} + L_{h-1} - D_h \quad (36)$$

sendo dada em toneladas. Para a obtenção da fila em termos de número de caminhões:

$$L_{h,caminhões} = \frac{\sum_{l=1}^n G_{l(h-Ts_1)} + L_{h-1} - D_h}{Pca} \quad (37)$$

Da mesma forma, a obtenção da fila em termos de horas pode ser assim definida:

$$L_{h,horas} = \frac{\sum_{l=1}^n G_{l(h-Ts_1)} + L_{h-1} - D_h}{D_h} \quad (38)$$

5.7.2 Espera no campo I

O tempo de espera no campo, em h, da matéria-prima carregada G_{lh} é função da diferença entre os momentos de início da colheita (h^0) e o seu carregamento efetivo (h):

$$E_{lh} = a + b(h - h^0) \quad (39)$$

Na Equação 39 os parâmetros a e b estão relacionados à proporção da matéria-prima colhida em h e que é carregada no mesmo intervalo; h^0 é o horário em que iniciou a colheita. Para os turnos de colheita e carregamento propostos, esses coeficientes são:

para $Tc_h = 8$ e $Tg_h = 20$: $a = 0,2428$ e $b = 0,6060$

para $Tc_h = 12$ e $Tg_h = 20$: $a = 0,1619$ e $b = 0,4040$

5.7.3 Perdas percentuais devido às esperas por lavoura e por hora

A perda estimada sobre a matéria-prima carregada em h, em cada lavoura l, representada por PG_{lh} é uma função do tempo que essa matéria-prima esperou nas caixas para o carregamento do caminhão (E_{lh}), do tempo de suprimento Ts_l e do tempo de espera na fila na fábrica $L_{h+Ts_l}^{Horas}$:

$$PG_{lh} = 0,000118 \times E_{lh} + 0,001021 \times (Ts_l + L_{h+Ts_l,horas}) + 0,0000713 \times E_{lh} \times (Ts_l + L_{h+Ts_l,horas}) \quad (40)$$

Os parâmetros dessa equação foram estimados por regressão econométrica, a partir de dados de experimento realizado em campo durante o período de observações (GAMEIRO et al., 2007).

5.7.4 Suprimento efetivo

A quantidade efetivamente fornecida pela lavoura l no momento h em que foi carregada no campo (\bar{G}_{lh}) é igual à quantidade carregada (G_{lh}), descontadas as perdas percentuais que incidem sobre a matéria-prima:

$$\bar{G}_{lh} = G_{lh} (1 - PG_{lh}) \quad (41)$$

$$\bar{G}_{ld} = \sum_{h=0}^{Tg_l} \bar{G}_{lh} \quad (42)$$

5.7.5 Perdas de volume devido às esperas por lavoura em um dia

A perda estimada sobre a matéria-prima carregada em um determinado dia d em uma lavoura l é a diferença entre a quantidade colhida C_{ld} e o somatório das quantidades efetivamente fornecidas em cada intervalo de tempo.

Assim, tem-se, em toneladas:

$$\bar{\omega}_{ld} = C_{ld} - \bar{G}_{ld} \quad (43)$$

Em termos percentuais:

$$\bar{\omega}_{ld} \% = \frac{C_{ld} - \bar{G}_{ld}}{C_{ld}} \quad (44)$$

5.7.6 Perdas de volume devido às esperas em todas as lavouras em um dia

A perda estimada sobre a matéria-prima carregada em um determinado dia d para todas as lavouras é determinada pelo somatório das perdas por lavoura.

Em toneladas:

$$\bar{\omega}_d = \sum_{l=1}^n \bar{\omega}_{ld} \quad (45)$$

Em termos percentuais:

$$\bar{\omega}_d \% = \frac{\sum_{l=1}^n C_{ld} - \bar{G}_{ld}}{\sum_{l=1}^n C_{ld}} \quad (46)$$

5.7.7 Perda financeira (R\$) sobre a matéria-prima

$$\omega_d \$ = \bar{\omega}_d \times p \quad (47)$$

sendo p o preço da tonelada do tomate.

Definição de parâmetros para aprimoramento do suprimento da fábrica.

Dessa forma, os parâmetros propostos para um cenário supostamente melhorado seriam:

- turno de funcionamento da fábrica:** considerar o início do processamento às 6 horas da manhã, e três turnos de 8 horas.
- horário de colheita manual:** o horário deve ser rigorosamente cumprido de modo a permitir o adequado escalonamento do suprimento da fábrica. A colheita deveria iniciar pontualmente às 6 horas da manhã, sendo que os turnos poderiam ser de 8 horas (“primeiro turno”) ou de 12 horas, considerando neste segundo caso, 4 horas adicionais (chamado “segundo turno” ou “turno estendido”). Assim, Tc_l poderia assumir os valores 8 (das 6 às 14 horas) ou 12 (das 6 às 18 horas). A partir dessas duas possibilidades, são gerados dois cenários para comparação.
- horário de carregamento dos caminhões:** deveria iniciar às 6 horas da manhã, concomitantemente com a colheita, e estender-se até às 2 horas da manhã, perfazendo 20 horas de carregamento (ou dois turnos de 10 horas). Isso independentemente de ter ocorrido o turno estendido na colheita. Assim, sugere-se $Tg_l = 20$.
- número de colhedores:** é importante que o número de colhedores seja definido e cumprido, de modo que o suprimento possa ser devidamente escalonado.

- e) **número de “tombos” das caixas:** quanto maior for o número de tombos, menor a quantidade de caixas necessárias, o que seria preferível, pois reduz o valor do ativo imobilizado. Assim, todos os procedimentos que possibilitem o maior número de tombos devem ser conduzidos, especialmente, quando o turno de colheita for de 12 horas. A implantação de um sistema de “boas práticas de colheita manual” conferem a possibilidade da ocorrência de um maior número de tombos e, conseqüentemente, menor custo no processo de suprimento.
- f) **horário de colheita mecânica:** o horário de realização da colheita mecânica também deve ser rigorosamente cumprido de modo a permitir o adequado escalonamento do suprimento da fábrica. A colheita deveria iniciar pontualmente às 7 ou 8 horas da manhã (dependendo da quantidade de orvalho na lavoura), sendo que os turnos podem ser de 10 horas. Assim, T_{m1} poderia assumir o valor 10.
- g) **número de máquinas colhedoras:** assim como no caso da colheita manual, é importante que o número de máquinas seja definido e cumprido, de modo que o suprimento possa ser devidamente escalonado.

Os parâmetros aqui sugeridos visam contribuir para a sincronização das atividades de suprimento, bem como prolongar o período de oferta diária de frutos provenientes do campo para reduzir o déficit diante do consumo praticamente ininterrupto da fábrica nas 24 horas do dia.

Simulação dos potenciais ganhos pela melhoria do processo.

O modelo descrito foi programado em uma planilha eletrônica com o objetivo de permitir a realização de simulações. O adequado relacionamento matemático proporcionado pela planilha permite que variações em determinados parâmetros possam resultar em cenários por meio dos quais as perdas podem ser estimadas. Utilizando-se os parâmetros descritos no item 6, após sucessivas simulações, obtiveram-se dois cenários alternativos (“melhorados”), que foram contrapostos com os indicadores reais observados pela pesquisa de campo (Tabela 1). Na Tabela 2, é apresentada a comparação. Para a simulação, foi considerada, exclusivamente, a colheita manual.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 do anexo, são apresentados os resultados completos do modelo aplicado aos dois cenários: aquele que considera um turno de colheita de 8 horas diárias; e um segundo que considera um turno de colheita manual de 12 horas diárias.

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 2, tem-se uma redução no tempo médio de espera do produto nas caixas (no campo) e nas caçambas (redução da fila na fábrica), nos cenários 1 e 2. A principal razão para essa redução está na organização dos horários de realização de todas as etapas do processo logístico. A organização dos horários de início e fim de cada uma das atividades, bem como a garantia do cumprimento desses horários é fundamental para que o escalonamento permita a alocação das pessoas, caixas e veículos nos

Tabela 2. Comparação entre o cenário atual e os cenários alternativos propostos.

Parâmetro	Cenário real	Cenário 1 (colheita em 8 h)	Cenário 2 (colheita em 12 h)	Varição real/1	Varição real/2
Tempo médio de espera de um caminhão na fila	11 horas	2 horas	2 horas	-71,4%	-71,4%
Tamanho médio da fila de espera	53 caminhões	18 caminhões	18 caminhões	-66,0%	-66,0%
Tempo médio de espera do produto no campo	6 horas	6 horas	4 horas	0,0%	-33,3%
Perdas por espera totais estimadas (%)	2,10%	0,80%	0,70%	-61,9%	-66,7%
Número de caixas utilizadas para a colheita manual	166.000	100.000	66.667	-39,8%	-59,8%
Número de caminhões em operação	175	111	111	-36,6%	-36,6%
Percentual de perdas anuais de caixas	20%	10%	10%	-50,0%	-50,0%
Número de caixas perdidas anualmente	33.200	10.000	6.666	-69,9%	-79,9%
Capacidade ociosa da fábrica em função dos problemas logísticos	10%	5%	5%	-50,0%	-50,0%
Quantidade processada por safra	336.000	380.000	380.000	13,1%	13,1%
Ganhos financeiros com redução do imobilizado em caixas				264.000,00	397.332,00
Ganhos financeiros com redução de perdas e ociosidade da fábrica				5.720.000,00	5.720.000,00
Ganho total estimado no sistema logístico				5.984.000,00	6.117.332,00

Considerando os valores pagos pelo tomate (R\$ 130/t). Fonte: resultados da pesquisa

locais e momentos adequados conforme a necessidade. Como conseqüências, serão verificadas as reduções em tempos, nas filas de espera, na frota de caminhões, no número de caixas e, finalmente, dos custos logísticos. Obviamente que, na prática, essa organização é complexa, pois exige adequado sistema de comunicação e gestão de recursos. Além disso, o fato de haver muitas pessoas envolvidas no processo (mais de 2 mil pessoas, conforme Tabela 1 do anexo) implica grande complexidade se fazer cumprir horários e metas. De qualquer forma, os resultados obtidos são importantes para sinalizarem eventuais ganhos potenciais.

O principal ganho esperado pela melhoria na cadeia de suprimento está na redução da capacidade ociosa da fábrica, estimada originalmente em 10%. Essa capacidade ociosa ocorre devido, em grande parte, aos problemas de suprimento, que exigem que a fábrica interrompa o processamento por falta de matéria-prima em alguns momentos do dia. A melhor organização do suprimento poderá reduzir significativamente essa ociosidade. Imaginando-se que esta possa ser reduzida em 50% devido à otimização do processo, os ganhos estimados para a fábrica em questão superariam R\$ 5 milhões, em termos de custo de oportunidade do produto que passaria a ser processado. Dentro desses ganhos estão computados os ganhos com reduções de perdas, que cairiam dos atuais 2,1% para algo em torno de 0,7% a 0,8%, devido aos menores tempos de espera e perdas de matéria-prima no processo.

Além disso, o número de caixas necessário para a realização da colheita seria reduzido, diminuindo o ativo imobilizado. Haveria também uma redução nas perdas percentuais de caixas, decorrentes da melhor organização das frentes de colheita e da orientação sugerida aos colhedores, contempladas na otimização proposta. Estima-se que a perda anual de caixas por avarias possa ser reduzida dos atuais 20 para 10%.

Comparando-se os dois cenários alternativos 1 (turno de colheita de 8 horas) e 2 (turno de colheita de 12 horas), as variações estariam, basicamente, no número de caixas e colhedores necessários (Tabela 1 do Anexo). Um período maior de colheita diminuiria a defasagem entre colheita e carregamento, implicando redução do tempo de espera do produto colhido nas caixas e também redução no número de caixas, uma vez que cada caixa poderá dar mais “tombos”. Isso reduz o imobilizado em caixas. Esse é o principal ganho decorrente do aumento do turno de colheita. Haveria, também, redução de perdas devido ao

tempo menor de espera no campo. Todavia, essa redução seria pequena de acordo com as estimativas (apenas 0,1 ponto percentual).

De uma forma geral, não haveria maiores variações entre os cenários 1 e 2 pelo fato do turno de carregamento se manter o mesmo nos dois cenários (20 horas, conforme sugerido). Na prática, é o turno de carregamento que seria relevante no sentido de reduzir a fila de caminhões, visto que a fila surge da diferença temporal entre oferta (dada pelo carregamento no campo) e a demanda (dada pela necessidade da manufatura).

Além dos ganhos quantitativos apresentados, haveria outros ganhos difíceis de serem contabilizados de forma direta, como por exemplo, a maior facilidade de gerenciar um número significativamente menor de transportadores.

6 Considerações finais

O modelo desenvolvido permite visualizar potenciais ganhos no processo de suprimento a partir de sua revisão. A gestão de pessoas, máquinas, frotas e dos tempos é fundamental no contexto. A coordenação das atividades, objetivando maior sincronia entre as etapas interdependentes, é capaz de gerar resultados financeiros bastante significativos no segmento de processamento industrial de tomates. As perdas de produto poderiam ser reduzidas de 2% para algo inferior a 1%. A menor capacidade ociosa seria traduzida em um menor custo de oportunidade e aumento de receita. A melhor orientação dos colhedores seria capaz de reduzir perdas de caixas, por menores danos, bem como a necessidade de um menor número de caixas, pela melhor organização do trabalho de colheita. Para uma fábrica com um consumo de tomates de 336 mil toneladas por ano, a melhoria no suprimento de matéria-prima poderia resultar em ganhos estimados em R\$ 6 milhões por ano.

Finalmente, apesar das diversas vantagens apresentadas pelos modelos de simulação, como o apresentado neste trabalho, é importante considerar que há ressalvas no que se refere ao seu uso como instrumento de inferência para tomada de decisões. Para Chung (2004), três aspectos nesse sentido devem ser levados em consideração: i) a simulação não fornece resultados precisos quando os dados de entrada no modelo são inadequados; ii) a simulação não fornece respostas fáceis para problemas complexos; e iii) a simulação, por si só, não resolve os problemas.

Modeling and management of losses in the supply of tomatoes for manufacturing process

Abstract

The supply of tomatoes for the manufacturing process is a quite complex activity. Everyday large amounts of vegetables and fruits to be processed need to be stored. Their perishability has to be considered and the harvest is still manual in the majority of producing areas. Evidences show the existence of high levels of losses in the supply logistic process. A mathematical model was developed with the objective of allowing better knowledge of the whole process and investigating possibilities of optimization. The simulation using the model can generate scenarios that when compared with real performances show the importance of an accurate management with evident potential of expressive financial gains in the supply chain process with the reduction of time, losses and costs. The losses of products, which are regularly more than 2%, could be reduced to less than 1% and the option of not operating at full production capacity could also lower the costs generating higher revenues. To a plant with a processing volume of 336 thousand tons per season, the improvements of the supply process could result in gains estimated in R\$ 6 millions.

Keywords: Supply. Tomato. Losses. Harvest. Logistics.

Referências bibliográficas

- CAMARGO, F.P.; ALVES, H.S.; CAMARGO FILHO, W.P.; VILELA, N.J. Cadeia produtiva do tomate industrial no Brasil: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 11, p. 7-20, nov. 2006.
- CHUNG, C.A. **Simulation modeling handbook: a practical approach**. Industrial and Manufacturing Engineering Series. CRC Press: Washington, 2004. 608 p.
- COSTA, F.G.; CAIXETA-FILHO, J.V. Análise das perdas na comercialização de tomate: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 12, p. 9-24, dez.1996.
- FERREIRA, M.D.; CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; TAVARES, M. Avaliação física do tomate de mesa 'romana' durante manuseio na pós-colheita. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 321-327, jan./abr. 2006.
- GAMEIRO, A.H.; CAIXETA-FILHO, J.V.; ROCCO, C.D.; RANGEL, R. Estimativa de perdas no suprimento de tomates para processamento industrial no Estado de Goiás. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 7-16, 2007.
- GIORDANO, L.B.; RIBEIRO, C.S.C. Origem, Botânica e Composição Química do Fruto. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (org.) **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.
- GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C.; BARBOSA, V. Colheita. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (org.) **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.
- HLUPIC, V.; PAUL, R.J. Methodological approach manufacturing simulation selection. **Computer Integrated Manufacturing Systems**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 49-55, 1996.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA**. Disponível em: < [http:// www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 set. 2006.
- KADER, A.A. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. **ISHS Acta Horticulturae 190**. In: Symposium on Tomato Production on Arid Land, 1996, Cairo, Egito.
- LAW, A. Simulation model's level of detail determines effectiveness. **Industrial Engineering**, v. 23, n. 10, p. 16-18, 1991.
- LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.; JACOMINO, A.P.; PESSOA, J.D.C. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 704-707, out/dez 2003.
- MORETTI, C.L.; CALBO, A.G.; HENZ, G.P. Fisiologia e Manejo Pós-Colheita. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (org.) **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.
- O'BRIEN, M. Tomato harvesting, post-harvest handling and transportation. **ISHS Acta Horticulturae 100**. In: Symposium on Production of Tomatoes for Processing, 1980, Evora, Portugal.
- PHARR, D.M.; KATTAN, A.A. Effects of air flow rate, storage temperature, and harvest maturity on respiration and ripening of tomato fruits. **Plant Physiology**. Rockville, USA, v.48, p. 53-55. 1971.
- POLDERDIJK, J.J.; TIJSKENS, L.M.M.; ROBBERS, J.E.; VAN DER VALK, H. Predictive model of keeping quality of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 2, p. 179-185, 1993.
- TSUNECHEIRO, A.; UENO, L.H.; PONTARELLI, C.T.G. Avaliação econômica das perdas de hortaliças e frutas no

- mercado varejista de São Paulo, 1991/92. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 1-15, 1994.
- VAN DEN BERG. Alimentos. Estudo de fontes de perdas no processamento de tomates. Patos de Minas, 1999. 31 p.
- VILELA, N.J.; LUENGO, R.F.A. Viabilidade técnica e econômica da caixa Embrapa para comercialização de tomate para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n. 2, p. 222-227, Junho, 2002.
- WILLS, R.B.H.; IEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. Postharvest: **An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. Austrália: New South Wales University, 1982. 174 p.

Apêndice

Tabela 1. Variáveis e parâmetros do modelo aplicado aos dois cenários propostos.

Variáveis e parâmetros	Unidade	Cenário 1	Cenário 2
Número de lavouras (l)*	lavouras	1	1
Área (A)	hectares	43,75	43,75
Produtividade (P)	t/hectare	80	80
Turno colheita (Tc)	horas	8	12
Turno carregamento (Tg)	horas	20	20
Tombos (Tb)	vezes	1,70	2,50
Colhedores (Nc)	pessoas	2.083	1.389
Turmas de carregadores (Ng) (turno de 20 horas)	turmas	7	7
Turmas de carregadores (Ng) (turno de 10 horas)	turmas	14	14
Produtividade dos colhedores (Pc)	caixa/hora	10	10
Produtividade das turmas de carregadores (Pg)	t/hora	23,5	23,5
Capacidade dos ônibus (Lo)	pessoas	60	60
Necessidade de ônibus (No)	ônibus	36	25
Peso médio dos caminhões (Pca)	t	16	16
Tempo de viagem (Tv)	horas	2	2
Tempo de recepção (Tr)	horas	1	1
Turno da fábrica (Tf)	horas	24	24

*Para simplificar a apresentação dos resultados do modelo supôs-se a existência de uma única fazenda fornecedora de matéria-prima.
Fonte: resultados da pesquisa.

Tabela 2. Apresentação dos resultados do modelo de suprimento para o Cenário 1 (colheita manual em turno de 8 horas).

Variáveis	Unidade	Total	Horário													
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Demanda da manufatura (D)	T	3.500	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Caixas necessárias (Ncx)	Caixas	100.000	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
Quantidade colhida (C)	T	3.500	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438
Carregamento no campo (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Espera no campo (E)	t	1105	263	525	788	1.050	1.313	1.575	1.838	2.100	1.925	1.750	1.575	1.400	1.400	1.400
	horas	6,0	0,2	0,8	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	6,9	6,9
Caminhões alocados (F)	caminhões	88	44	55	66	77	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Dimensionamento da frota (max F)	caminhões	111	70	72	74	77	89	91	93	95	96	98	100	102	102	102
Carregamento que chegaria à fábrica (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Fila (L)	t	292	437	292	146	-	29	58	88	117	146	175	204	233	233	233
	caminhões	18	27	18	9	-	2	4	5	7	9	11	12	14	14	14
	horas	2	3	2	1	-	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
Perdas estimadas (w)	%	0,8%	0,34%	0,38%	0,42%	0,47%	0,52%	0,57%	0,62%	0,67%	0,72%	0,78%	0,84%	0,90%	0,90%	0,90%
Carregamento que chega à fábrica (Ge)	t	3.471	174,41	174,34	174,26	174,18	174,10	174,01	173,92	173,83	173,73	173,63	173,53	173,43	173,43	173,43

Variáveis	Unidade	Total	Horário													
			18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
Demanda da manufatura (D)	T	3.500	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Caixas necessárias (Ncx)	Caixas	100.000	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
Quantidade colhida (C)	T	3.500	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438
Carregamento no campo (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Espera no campo (E)	t	1105	263	525	788	1.050	1.313	1.575	1.838	2.100	1.925	1.750	1.575	1.400	1.400	1.400
	horas	6,0	0,2	0,8	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	6,9	6,9
Caminhões alocados (F)	caminhões	88	44	55	66	77	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Dimensionamento da frota (max F)	caminhões	111	70	72	74	77	89	91	93	95	96	98	100	102	102	102
Carregamento que chegaria à fábrica (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Fila (L)	t	292	437	292	146	-	29	58	88	117	146	175	204	233	233	233
	caminhões	18	27	18	9	-	2	4	5	7	9	11	12	14	14	14
	horas	2	3	2	1	-	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
Perdas estimadas (w)	%	0,8%	0,34%	0,38%	0,42%	0,47%	0,52%	0,57%	0,62%	0,67%	0,72%	0,78%	0,84%	0,90%	0,90%	0,90%
Carregamento que chega à fábrica (Ge)	t	3.471	174,41	174,34	174,26	174,18	174,10	174,01	173,92	173,83	173,73	173,63	173,53	173,43	173,43	173,43

Variáveis	Unidade	Total	Horário													
			18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
Demanda da manufatura (D)	T	3.500	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Caixas necessárias (Ncx)	Caixas	100.000	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
Quantidade colhida (C)	T	3.500	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438	438
Carregamento no campo (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Espera no campo (E)	t	1105	263	525	788	1.050	1.313	1.575	1.838	2.100	1.925	1.750	1.575	1.400	1.400	1.400
	horas	6,0	0,2	0,8	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	6,9	6,9
Caminhões alocados (F)	caminhões	88	44	55	66	77	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Dimensionamento da frota (max F)	caminhões	111	70	72	74	77	89	91	93	95	96	98	100	102	102	102
Carregamento que chegaria à fábrica (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Fila (L)	t	292	437	292	146	-	29	58	88	117	146	175	204	233	233	233
	caminhões	18	27	18	9	-	2	4	5	7	9	11	12	14	14	14
	horas	2	3	2	1	-	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
Perdas estimadas (w)	%	0,8%	0,96%	1,02%	1,09%	1,16%	1,22%	1,29%	1,37%	1,44%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%
Carregamento que chega à fábrica (Ge)	t	3.471	173,32	173,21	173,09	172,98	172,86	172,73	172,61	172,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3. Apresentação dos resultados do modelo de suprimento para o Cenário 2 (colheita manual em turno de 12 horas).

Variáveis	Unidade	Total	Horário													
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Demanda da manufatura (D)	t	3.500	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Caixas necessárias (Ncx)	caixas	66.667	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556	5.556
Quantidade colhida (C)	t	3.500	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
Carregamento no campo (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Espera no campo (E)	t		737	117	233	350	467	583	700	817	933	1.050	1.167	1.283	1.400	1.400
horas			4,0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	4,6
Caminhões alocados (F)	caminhões	88	44	55	66	77	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Dimensionamento da frota (max F)	caminhões	111	70	72	74	77	89	91	91	93	95	96	98	100	102	102
Carregamento que chegaria à fábrica (G)	t	3.500						175	175	175	175	175	175	175	175	175
Fila (L)	t	292	437	292	146			29	58	88	117	146	175	204	233	
								(0)								
caminhões		18	27	18	9			2	4	5	7	9	11	12	14	
horas		2	3	2	1			0	0	1	1	1	1	1	2	
Perdas estimadas (w)	%	0,7%	0,33%	0,37%	0,40%	0,44%	0,48%	0,52%	0,56%	0,60%	0,65%	0,69%	0,74%	0,78%	0,78%	
Carregamento que chega à fábrica (Ge)	t	3.474	174,42	174,36	174,29	174,16	174,09	174,02	173,94	173,87	173,79	173,71	173,63			

Tabela 3. Continuação...

Variáveis	Unidade	Total	Horário													
			18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
Demanda da manufatura (D)	t	3.500	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
Caixas necessárias (Ncx)	caixas	66.667														
Quantidade colhida (C)	t	3.500														
Carregamento no campo (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Espera no campo (E)	t		737	1.225	1.050	875	700	525	350	175						
horas			4,0	5,0	5,4	5,8	6,2	6,6	7,0	7,4	7,8					
Caminhões alocados (F)	caminhões	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Dimensionamento da frota (max F)	caminhões	111	103	105	107	109	111	101	92	83	30	32	34	35	35	35
Carregamento que chegaria à fábrica (G)	t	3.500	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
Fila (L)	t	292	263	292	321	350	379	408	438	467	496	525	554	583		
caminhões		18	16	18	20	21	23	25	27	28	30	32	34	35	35	35
horas		2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Perdas estimadas (w)	%	0,7%	0,83%	0,88%	0,93%	0,98%	1,03%	1,09%	1,14%	1,20%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%	0,31%
Carregamento que chega à fábrica (Ge)	t	3.474	173,55	173,46	173,37	173,28	173,19	173,10	173,00	172,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sobre os autores

Augusto Hauber Gameiro**José Vicente Caixeta Filho****Cleber Damiano Rocco**

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG),
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – USP,
Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil,
e-mails: gameiro@usp.br; jvcaixet@esalq.usp.br; cleber.rocco@usp.br

Rogério Rangel

Unilever Bestfoods Brasil, Divisão Agrícola,
Rua Iza Costa, 1, Chácara Retiro, CEP 74665-320, Goiânia, GO, Brasil,
e-mail: rogerio.rangel@unilever.com

Recebido em 12/1/2007
Aceito em 04/3/2008

