

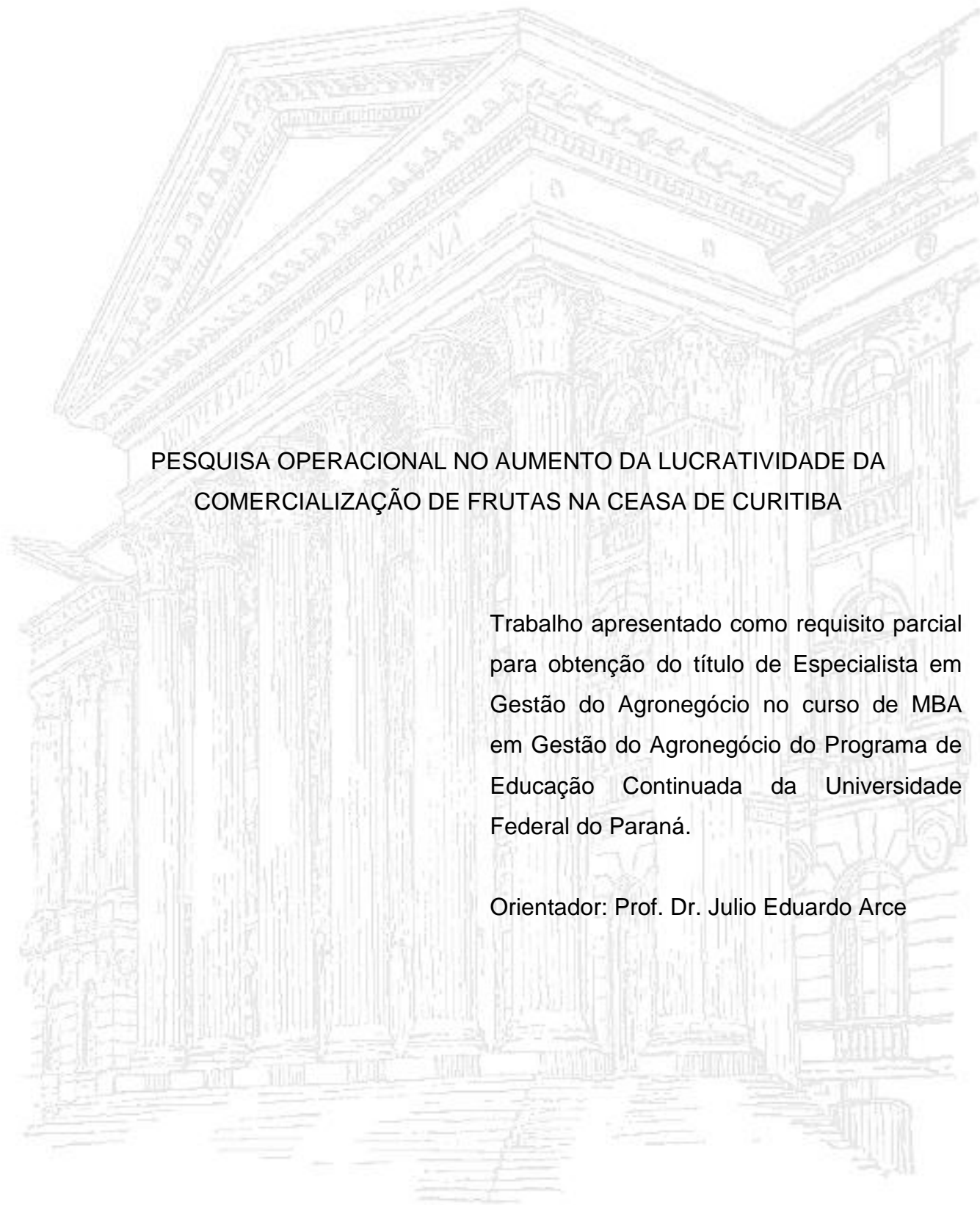
FELIPE FUCHS

PESQUISA OPERACIONAL NO AUMENTO DA LUCRATIVIDADE DA
COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTAS NA CEASA DE CURITIBA

CURITIBA

2017

FELIPE FUCHS



PESQUISA OPERACIONAL NO AUMENTO DA LUCRATIVIDADE DA
COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTAS NA CEASA DE CURITIBA

Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão do Agronegócio no curso de MBA em Gestão do Agronegócio do Programa de Educação Continuada da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2017

RESUMO

A comercialização atacadista de produtos vegetais, em especial as frutas, envolve uma série de decisões que se não tomadas de forma adequada e no momento ideal, podem ocasionar prejuízos econômicos significativos, além de gerar desperdício. A Pesquisa Operacional é uma importante ferramenta que utiliza modelos matemáticos para a solução de problemas reais, podendo ser aplicada em processos decisórios nas mais variadas áreas. Deste modo, o objetivo do presente trabalho é desenvolver um modelo matemático que determine quais as decisões mais adequadas para maximizar o lucro bruto, melhorar o aproveitamento dos recursos disponíveis e reduzir o desperdício na comercialização atacadista de Mamão, Banana e Maçã, utilizando variáveis previamente definidas. Para tanto, foram aplicados questionários junto aos atacadistas da unidade da CEASA/PR do Município de Curitiba - PR para a obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento e validação do modelo matemático. O modelo matemático proposto se mostrou adequado aos dados analisados, possibilitando incrementar o lucro bruto, utilizar os recursos existentes de forma mais eficaz e reduzir o desperdício gerado pela atividade.

Palavras-chave: Modelo matemático, redução do desperdício, mamão, banana, maçã.

ABSTRACT

The vegetable products wholesale marketing, especially fruits, involves a series of decisions that, if not properly taken and at the right time, can cause significant economic losses and generate waste. Operational Research is an important tool that uses mathematical models to solve real problems and can be applied in decision-making processes in a wide range of areas. Thus, the present work objective is to develop a mathematical model that determines the most appropriate decisions to gross profit maximize, improve the use of the available resources and wastage reduce in the Papaya, Banana and Apple wholesale marketing, using previously defined variables. For this purpose, questionnaires were applied to the CEASA/PR wholesalers of the Curitiba – PR city unit, to obtain the necessary information for the development and validation of the mathematical model. The proposed mathematical model showed to be adequate for the analyzed data, allowing to increase the gross profit, use the existing resources in a more efficient way and reduce the activity waste generation.

Key-words: Mathematical model, wastage control, papaya, banana, apple.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus, o Grande Arquiteto do Universo, que em sua imensurável sabedoria criou a natureza e todas as forças que nos regem, das quais destaco o equilíbrio, que nos recompensa todos os dias com resultados sempre proporcionais ao nosso esforço e dedicação.

À minha família, por todo o apoio e dedicação, por servirem de exemplo e por fornecerem toda a base para que hoje eu seja capaz de buscar e alcançar todos os meus objetivos.

À Mônica, em primeiro lugar por servir de exemplo e inspiração no meio acadêmico, em segundo por me apoiar e me dar o suporte necessário nos bons e nos maus momentos para que eu chegue cada vez mais longe.

Ao meu orientador, Dr. Julio Eduardo Arce, por ter aberto as portas desta maravilhosa ferramenta que é a Pesquisa Operacional e por toda ajuda e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo e colega de trabalho Dr. Derli Dossa, por todos os esforços conjuntos desempenhados na CEASA/PR, todos os ensinamentos compartilhados e, principalmente, por acreditar e confiar na minha capacidade.

Aos permissionários da CEASA/PR por se disporem a encontrar um tempo no tumultuado dia-a-dia do mercado atacadista e fornecerem as informações que permitiram a realização deste trabalho.

À todos os amigos e companheiros nesta jornada maravilhosa da vida, por todas as experiências vividas e por todo o conhecimento compartilhado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
1.2.1 Pesquisa Operacional.....	7
1.2.2 Maçã	9
1.2.3 Banana	11
1.2.4 Mamão.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA	17
3.2 MAÇÃ.....	19
3.3 BANANA	24
3.4 MAMÃO	29
4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXOS	39

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A comercialização atacadista é uma importante etapa da cadeia brasileira de hortifruti, atuando como o principal elo entre a produção e o mercado varejista, permitindo o acesso da população aos mais variados tipos de alimentos. O comércio atacadista é responsável pela logística destes produtos, que envolve uma série de fatores e decisões essenciais para o sucesso da atividade. Como exemplos destes fatores, podem ser citados o custo do produto, custo do frete, custo de armazenamento, custo da mão-de-obra, a demanda por parte do mercado varejista, entre outros. A partir da análise destas variáveis, o atacadista deve tomar decisões que otimizem sua capacidade de comercialização, buscando reduzir custos e desperdício, de forma a maximizar o lucro, levando em conta a elevada perecibilidade destes produtos.

Dentro deste contexto, a Pesquisa Operacional pode ser utilizada como uma importante ferramenta para auxiliar este processo decisório, pois permite a análise matemática dos fatores envolvidos, determinando seu arranjo ideal para que a operação seja otimizada. A Pesquisa Operacional é amplamente utilizada para a solução de problemas nas mais variadas áreas, sendo aplicada principalmente nas atividades de produção e logística.

Deste modo, a aplicação da Pesquisa Operacional como ferramenta auxiliar na tomada de decisão sobre aspectos da comercialização de frutas pode ser relevante. Portanto, torna-se importante estudar o impacto da utilização da Pesquisa Operacional na tomada de decisão sobre as variáveis envolvidas na comercialização de Mamão, Banana e Maçã por atacadistas das Centrais de Abastecimento do Paraná S.A. (CEASA/PR) da unidade atacadista de Curitiba-PR, visando a obtenção da máxima lucratividade.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional pode ser entendida como uma abordagem científica para a solução de problemas de execução gerencial, ou seja, busca solucionar, através da construção de modelos matemáticos, problemas de decisão e controle referentes à determinadas situações de complexidade e incerteza. (IGNACZAK et al, 1980).

Segundo Ignaczak et al (1980), o histórico do desenvolvimento prático da Pesquisa Operacional remete à Segunda Guerra Mundial, com avanços substanciais a partir do início da utilização de computadores para a resolução de problemas matemáticos, sendo utilizada para resolver determinados problemas relativos à indústria, comércio, educação agricultura, engenharia, entre outros.

A Pesquisa Operacional desenvolveu-se rapidamente no pós-guerra, principalmente devido ao surgimento de técnicas específicas, como por exemplo o método Simplex para a Programação Linear, proposto por George Dantzig em 1947. Este algoritmo permitiu a resolução manual de diversos problemas de Pesquisa Operacional, principalmente os de baixa complexidade. Posteriormente, através da utilização de computadores, a Pesquisa Operacional passou por um desenvolvimento exponencial, que permitiu a resolução de problemas cada vez mais complexos (MARINS, 2011).

De acordo com Marins (2011), a expansão da Pesquisa Operacional no mundo acadêmico ocorreu inicialmente nos departamentos de Engenharia Industrial e Engenharia de Produção, bem como nas escolas de Administração das Universidades norte-americanas. No Brasil, o desenvolvimento da Pesquisa Operacional ocorreu aproximadamente uma década após sua implantação na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos, principalmente devido às suas aplicações práticas na solução de problemas de natureza econômica. Nos anos 60, devido ao fato de vários professores também atuarem no setor privado, teve início um processo de interação entre Universidade e Empresas, que resultou nas primeiras aplicações de Pesquisa Operacional em problemas reais no Brasil.

Para Arenales et al (2015) a Pesquisa Operacional, no âmbito da Engenharia de Produção, vêm sendo aplicada principalmente nas atividades de produção e logística, em especial nas cadeias de suprimento, para resolver problemas de planejamento, programação e controle da produção, bem como problemas de planejamento e operação logísticos.

A formulação de modelos matemáticos resulta da observação e da elaboração de simplificações razoáveis do sistema ou problema real, desde que estas simplificações sejam coerentes com o contexto original, podendo ser comprovadas através da validação do modelo. Portanto, o modelo matemático consiste em uma abstração do problema real. As etapas para a formulação e resolução de um problema por meio da Pesquisa Operacional consistem em (ARENALES et al, 2015):

1. **Definição do problema:** delimita as características do problema em estudo;
2. **Construção do modelo:** traduz o problema em relações matemáticas ou lógicas de simulação, ou uma combinação entre elas;
3. **Solução do modelo:** utiliza métodos de solução de algoritmos conhecidos para a resolução do modelo matemático proposto;
4. **Validação do modelo:** verifica se o modelo proposto representa apropriadamente o problema, ou seja, se o modelo se ajusta adequadamente ao comportamento do sistema;
5. **Implementação da solução:** consiste na implementação da solução na prática, traduzindo os resultados do modelo em decisões.

Têm se tornado cada vez mais comum a aplicação da Pesquisa Operacional na busca de soluções práticas para as decisões referentes ao agropecuária, conforme verifica-se nos trabalhos de Biagio et al (2007), Gameiro e Rocco (2011), e mais recentemente Biagio (2014), o que denota a importância de novas pesquisas sobre a aplicação prática da Pesquisa Operacional no campo do agronegócio.

1.2.2 Maçã

A maçã (*Malus domestica*) é uma das frutas mais consumidas no Brasil e no mundo, com uma produção mundial de aproximadamente 77,6 milhões de t. O maior produtor mundial desta fruta é a China, com uma produção de 43,5 milhões de t, que sozinha responde por 56% da maçã produzida no mundo. Os países da União Europeia aparecem na segunda colocação, com uma produção total de 12,6 milhões de t, que representam 16% da produção mundial. Em terceiro lugar estão os Estados Unidos, com uma produção de 4,6 milhões de t, equivalentes a quase 6% da produção mundial. O Brasil aparece na décima colocação, com uma produção de

1,05 milhão de t, que corresponde a 1,3% do total produzido no mundo (FAO, 2017; USDA, 2017).

O cultivo da macieira é atualmente uma atividade consolidada e de grande importância socioeconômica, principalmente na região sul do país, responsável por mais de 99% da produção brasileira de maçã, com uma produção de pouco mais de 1 milhão de t. O maior estado produtor é Santa Catarina, com uma produção de 526 mil t, equivalentes a 49,4% da produção nacional, seguido por Rio Grande do Sul, com uma produção de 485 mil t, cerca de 45,6% do total nacional. O Paraná ocupa a terceira colocação, com uma produção de 30 mil t, que corresponde a 4,2% da produção brasileira de maçã (IBGE, 2017).

Segundo Petri et al (2011), o estado do Paraná iniciou sua produção comercial a partir da década de 1970, possuindo atualmente quatro regiões com expressão econômica: Palmas, Lapa, Porto Amazonas e Campo do Tenente (ABPM, 2016).

As condições que favorecem a cultura são caracterizadas por áreas com maior altitude e que apresentam quantidade de horas-frio suficientes para atender as necessidades exigidas pela cultivar, que além de produtividade competitiva, deve apresentar também boa qualidade do fruto (ABPM, 2016).

De acordo com o SEBRAE (2017), o principal destino da produção é voltado para o consumo *in natura* e o consumidor é altamente exigente quanto à qualidade dos frutos. Um dos principais agravantes para a comercialização são os danos físicos no fruto, que correspondem a um descarte de 30% da produção nacional, geralmente seguindo para a industrialização. A indústria gera produtos a partir do processamento do fruto como doces, geléias, vinagre e bebidas, sendo que o principal deles é o suco pronto para consumo.

Corrêa et al (2010) afirmam que os frutos produzidos são disponibilizados ao mercado consumidor durante o ano todo devido ao emprego de métodos de conservação, como o armazenamento refrigerado e a atmosfera controlada, além de outros métodos complementares, que permitem retardar os processos de maturação e degenerescência da polpa.

O país tem capacidade de armazenar quase toda a produção anual. Apenas o Rio Grande do Sul possui atualmente capacidade de armazenagem frigorífica de 465 mil t da fruta, sendo que 159 mil t correspondem ao

armazenamento a frio convencional e 304 mil t correspondem a atmosfera controlada (AGAPOMI, 2016).

Para Kreuz (2005), devido ao aumento na produção e à grande capacidade de armazenamento, o Brasil passou de 4º importador de maçãs no mundo na década de 60 para 22º exportador mundial atualmente (ABPM, 2016).

Apesar do armazenamento a frio, os preços de comercialização possuem um padrão sazonal. No período da colheita, em que a oferta da maçã é maior, os preços tendem a diminuir, tanto para o consumidor quanto para o produtor. Já no período da entressafra, a tendência é a elevação dos preços, principalmente pela menor oferta e por estes frutos estarem com maior valor agregado pelos custos com armazenamento (BNDES, 2010).

1.2.3 Banana

A banana (*Musa sp.*) é uma das frutas mais cultivadas em todo o planeta, ocupando uma área total de aproximadamente 5,4 milhões de ha que correspondem a uma produção mundial de aproximadamente 114 milhões de t. Atualmente a Índia é o maior produtor mundial de bananas, com uma produção de aproximadamente 29,7 milhões de t, que correspondem a praticamente 26% da produção mundial da fruta. O Brasil encontra-se na quarta posição entre os maiores produtores mundiais de banana, com uma produção de 6,9 milhões de t, cultivadas em uma área de aproximadamente 479 mil ha, sendo responsável por 6% da produção mundial. No ano de 2013 o Brasil exportou 98 mil t de bananas, movimentando cerca de US\$ 35 milhões (FAO, 2017).

Segundo o IBGE (2017), o estado brasileiro que mais produz banana é a Bahia, com uma produção de 1,125 milhões de t, seguido por São Paulo, com uma produção de 1,124 milhões de t, ambos representando cerca de 16,2% do total produzido no país. Em terceiro lugar aparece o estado de Minas Gerais, com uma produção de 772 mil t, que representam cerca de 11,1 % da produção nacional. O Paraná aparece em oitavo lugar, com uma produção de 269 mil t, que correspondem a 3,9% da produção brasileira.

No Paraná o volume de banana comercializado pelas cinco unidades da CEASA em 2015 chegou a 91 mil toneladas, sendo que na Ceasa de Curitiba 53% da banana comercializada veio dos municípios produtores de Santa Catarina, entre

eles de Corupá, Massaranduba, Joinville, Luiz Alves, São Bento do Sul, Jaraguá do Sul e Garuva. A produção paranaense de banana comercializada nos mercados atacadistas vem principalmente do litoral do Estado, das cidades de Guaratuba, Morretes, Antonina, Matinhos e Guaraqueçaba (CEASA 2017).

Segundo a SEAB (2017), a banana é a segunda frutífera mais produzida no Paraná, atrás apenas da laranja. Porém, em Valor Bruto da Produção, encontra-se na quarta colocação, abaixo da laranja, uva e morango, com um valor bruto de R\$ 115 milhões no ano de 2015, equivalente a 8% do valor bruto total das espécies frutíferas gerado no estado.

O cultivo da banana se desenvolve bem em áreas que apresentem altas temperaturas e precipitação bem distribuída durante o ano, sendo de fácil manejo, desde que apresentem boas condições fitossanitárias, pois os principais fatores limitantes da produção são as doenças, em especial a Sigatoka Negra (SANTOS et al, 2006).

Para Prill et al (2011), a banana, por se tratar de um fruto climatérico, quando colhida em seu completo desenvolvimento fisiológico amadurece de forma desuniforme, o que torna mais difícil sua comercialização. Portanto, para conseguir alcançar a homogeneização do lote e o amadurecimento programado dos frutos é comum utilizar o processo de climatização (desverdecimento). Vários processos devem ser controlados durante o processo de climatização, entre eles a temperatura, umidade relativa, gás ativador (etileno), ar atmosférico, circulação de ar e exaustão, para que haja maior uniformidade no grau de amadurecimento e uma melhor comercialização dos frutos.

As perdas entre os processos de produção e consumo da banana podem chegar a 50% do total produzido. Somente na comercialização varejista, as perdas atingem em torno de 11%, enquanto no mercado atacadista podem variar de 6 a 10%, o que demonstra a importância do correto planejamento logístico para a redução de perdas durante o processo de comercialização da banana (SILVA et al, 2003).

1.2.4 Mamão

O mamão (*Carica papaya*) é uma das frutas mais consumidas e comercializadas no Brasil. Atualmente são cultivados cerca de 411 mil hectares (ha)

de mamão no mundo, que correspondem a uma produção mundial de 12,7 milhões de toneladas (t). A Índia figura como o maior produtor mundial de mamão, com uma produção de aproximadamente 5,6 milhões de t, que representam 44% da produção mundial desta fruta. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, com uma produção de 1,6 milhões de t, cultivadas em aproximadamente 32 mil ha, sendo responsável por aproximadamente 12% da produção mundial. No ano de 2013 o Brasil exportou 28,5 mil t de mamão, que representaram um valor de US\$ 41,8 milhões da balança comercial (FAO 2017).

De acordo com os dados do IBGE (2017), o maior estado produtor de mamão no Brasil é a Bahia, com uma produção de 794 mil t, que corresponde a 49,5% da produção brasileira, seguida pelo Espírito Santo, que produziu 399 mil t, cerca de 24,9% da produção nacional. Em terceiro lugar aparece o Ceará, com produção de 98 mil t, equivalente a 6,1% do total produzido no país. O estado do Paraná é apenas o vigésimo colocado, com uma produção de 1627 t, que correspondem a 0,1% do total nacional.

No ano de 2016 foi comercializado um volume de 43 mil toneladas de mamão nas cinco unidades atacadistas da CEASA/PR, que corresponde a um valor total de R\$ 124 milhões. Somente na unidade atacadista de Curitiba foram comercializadas 29 mil toneladas de mamão, aproximadamente 67% do total comercializado na CEASA/PR. Do total comercializado, 24 mil toneladas foram produzidas no estado da Bahia, 8 mil toneladas do Espírito Santo, 4 mil toneladas de Minas Gerais e 643 toneladas do Paraná. Dentre as principais regiões produtoras do Paraná, destacam-se a região de Londrina, Maringá, Astorga e Porecatú (CONAB, 2017).

Por se tratar de uma frutífera de clima tropical, o mamoeiro é extremamente sensível a geadas, possuindo temperatura ideal de cultivo entre 22 e 26° C e chuvas entre 1500 a 1800 mm ano⁻¹, sendo idealmente cultivado em altitudes de 200 metros (m) acima do nível do mar, não sendo recomendável seu cultivo em altitudes superiores aos 800 m. Seu cultivo é realizado principalmente na região Nordeste do Brasil, por apresentar condições ótimas para o cultivo (JÚNIOR et al, 2016).

Para Dias et al (2011), o mamão, por apresentar respiração climatérica, continua seu processo de maturação mesmo após a colheita. Para o consumo *in natura*, os frutos devem ser colhidos após a maturação fisiológica, porém antes da

sua maturação total, pois apresentam altas taxas respiratórias e de produção de etileno depois de colhidos. Portanto, apresentam alta perecibilidade quando mantidos em temperatura ambiente. Outro agravante é a suscetibilidade do mamão para sofrer injúrias mecânicas, o que diminui drasticamente a vida útil pós-colheita e conseqüentemente o desperdício através do descarte das frutas.

Um dos parâmetros mais utilizados para determinar o ponto de colheita do mamão é a firmeza do fruto, pois frutos com baixa firmeza apresentam menor resistência ao transporte, armazenamento e manuseio, prejudicando sua comercialização. Torna-se, portanto, essencial que os frutos sejam colhidos no momento adequado, e principalmente que se proceda a climatização dos mesmos após a colheita, para que seja preservada a uniformidade de maturação do lote e para aumentar a vida útil pós-colheita, diminuindo assim custos e desperdícios oriundos do processo de comercialização (COSTA et al, 2010).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo matemático que relacione as principais variáveis envolvidas na comercialização de mamão, banana e maçã por empresas atacadistas da unidade da CEASA/PR de Curitiba, de modo a maximizar o lucro bruto, melhorar o aproveitamento dos recursos disponíveis e reduzir o desperdício gerado pela atividade.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar quais as principais variáveis envolvidas no processo de comercialização atacadista de mamão, banana e maçã;
- b) Verificar quais as variáveis limitantes para a elaboração do modelo matemático;
- c) Elaborar um modelo matemático que corresponda às variáveis determinadas através da observação do problema real;
- d) Implementar o modelo matemático proposto e verificar sua validade, bem como sua adaptabilidade ao cenário observado.

1.4 JUSTIFICATIVA

Desde o seu surgimento até o período atual, a Pesquisa Operacional passou por constantes evoluções e aperfeiçoamentos, tornando-se uma ferramenta essencial para a tomada de decisões lógicas em diferentes áreas. Utilizada durante a Segunda Guerra Mundial, seu estudo e aplicação passaram a ser amplamente desenvolvidos após o surgimento dos computadores e microcomputadores de uso pessoal. Um dos marcos de seu desenvolvimento foi o surgimento do método Simplex, que permitiu realizar aplicações práticas da Pesquisa Operacional.

Inicialmente tendo seu estudo vinculado às instituições de ensino e universidades públicas, a Pesquisa Operacional começou a despertar o interesse de empresas privadas devido às suas aplicações práticas na resolução de problemas reais, sendo que muitas destas empresas criaram departamentos de Pesquisa Operacional para o desenvolvimento de soluções práticas.

Atualmente a Pesquisa Operacional vem sendo amplamente utilizada no setor logístico, principalmente nas cadeias de suprimento (supply chain), para identificação, solução de falhas e otimização do sistema de operação logístico.

O agronegócio é considerado atualmente um dos principais negócios do mundo, pois envolve grande parte dos recursos e da pesquisa mundiais, principalmente devido à crescente demanda por alimentos. Um dos setores de grande destaque do agronegócio é o setor frutícola, que ocupa uma extensa área agricultável e é responsável por grande parte importância econômica do agronegócio.

A comercialização de frutas envolve uma série de características próprias, principalmente devido à alta perecibilidade destes produtos, o que torna sua logística complexa e muitas vezes gera um alto nível de desperdício destes produtos devido ao descarte. Muitas destas frutas são colhidas ainda imaturas, sendo submetidas a um processo de maturação durante o armazenamento, como é o caso do mamão e da banana. Outras, como a maçã, precisam ser colhidas já maduras e ser armazenadas em ambiente controlado para manter suas características desejáveis por um maior período de tempo. Portanto, a logística destes produtos deve contemplar todos estes fatores, de modo que a comercialização acarrete menores custos e o mínimo de desperdício, maximizando o lucro da atividade.

Diante disto, a Pesquisa Operacional pode ser uma importante ferramenta para um melhor planejamento logístico na comercialização de frutas, principalmente por se tratar de uma metodologia amplamente utilizada para melhorar a eficiência logística em outras cadeias, o que sugere que sua aplicação na comercialização de frutas possa trazer resultados significativos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas distintas, sendo a primeira referente à coleta dos dados inerentes a comercialização das frutas na unidade atacadista da CEASA/PR, situada no município de Curitiba, e a segunda referente à análise, interpretação dos dados coletados, construção e validação do modelo matemático, que foi realizada junto ao laboratório do Departamento de Ciências Florestais (DECIF) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Para a modelagem do sistema foi utilizado o algoritmo Simplex de programação linear, através da ferramenta solver disponível no software de planilhas eletrônicas Microsoft Excel.

A comercialização dos produtos na CEASA/PR é realizada por diversas empresas, muitas das quais responsáveis pela venda de um único tipo de produto, ou ainda uma única classe de produtos. Foram selecionadas três empresas que comercializam cada uma das frutas estudadas (mamão, banana e maçã), e cada uma destas empresas foi considerada uma unidade amostral para o desenvolvimento do modelo. Foram coletadas variáveis envolvidas na comercialização destes produtos em cada uma das empresas escolhidas, como por exemplo:

- Número, capacidade e temperatura de operação das câmaras de climatização;
- Variedades ou categorias, peso da unidade comercializada, custo unitário, demanda semanal e tempo de armazenamento dos produtos comercializados;
- Informações sobre fornecedores, custos gerais e volume diário de comercialização.

Definiu-se a capacidade de armazenamento como a principal restrição para o modelo matemático, pois tanto o mamão, quanto a banana e a maçã,

necessitam de armazenagem sob condições controladas, o que restringe a capacidade operacional à capacidade de armazenagem de cada empresa. Optou-se por utilizar também o preço de aquisição das mercadorias como restrição para o modelo matemático proposto. A partir dos dados coletados, foram elaboradas a função objetivo e as restrições para o modelo, levando em consideração as variáveis analisadas, de modo que o modelo matemático resultante fosse capaz de retornar qual a maneira mais adequada de otimizar os recursos disponíveis para o cenário analisado.

A função objetivo e as restrições foram elaboradas para que representem de forma fidedigna o modelo real estudado, fornecendo informações que permitam a maximização dos lucros obtidos na atividade de comercialização, bem como a otimização dos custos e recursos disponíveis, aumentando a eficácia econômica da atividade. Também foi adicionada ao modelo uma penalização por desperdício, que imputa uma multa sobre o custo do produto cada vez que há descarte devido à falta de planejamento logístico, de forma que a empresa realize seu planejamento respeitando a questão socioambiental.

Após a elaboração do modelo matemático, foi selecionada uma empresa representante para cada um dos produtos analisados, na qual foi realizada a aplicação do modelo para otimização do sistema de comercialização. Com base nesta aplicação, foram comparados os dados de comercialização reais com os dados obtidos através do modelo proposto, permitindo a avaliação de possíveis ganhos de eficiência, bem como verificar a adaptabilidade do modelo à realidade da comercialização atacadista.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Devido à alta rotatividade do estoque e o curto período de armazenamento dos produtos estudados, o modelo foi estabelecido para ser implementado semanalmente, de modo a otimizar os fatores envolvidos na comercialização durante a semana subsequente. A análise do sistema de comercialização resultou na adoção de duas variáveis limitantes principais, que são a capacidade de armazenamento e o custo de aquisição dos produtos.

A função objetivo maximiza o lucro bruto através do arranjo ótimo das diferentes categorias de produtos com base em sua margem, distribuindo a aquisição destes produtos de acordo com os dias de comercialização, levando em consideração a melhor utilização da capacidade de armazenamento da empresa atacadista e o estoque disponível. As equações que compõem o modelo matemático estão descritas abaixo:

Função Objetivo:

$$\text{Max } Z = \sum_i M_i \sum_j x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$x_{ij} \geq 0 \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ij} \leq PC_j TC_j \quad i = 1, 2, \dots, NCat \quad (3)$$

$$\sum_j x_{ij} \geq D_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, NCat \quad (4)$$

$$E_{i(j-1)} + x_{ij} \geq D_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, NCat \quad j = 1, 2, \dots, NDias \quad (5)$$

$$\sum_j E_{ij} \leq CA \quad (6)$$

$$\sum_i C_i \sum_j x_{ij} \leq CT \quad (7)$$

Onde:

M_i = Margem unitária da categoria i (R\$ caixa⁻¹);

x_{ij} = Número de caixas da categoria i a ser comprada no dia j ;

PC_j = Porcentagem de comercialização referente ao dia j ;

TC_j = Número total de caixas comercializadas no dia j ;

D_{ij} = Demanda de caixas da categoria i no dia j ;

E_{ij} = Estoque de caixas da categoria i no dia j ;

CA = Capacidade de armazenamento de caixas;

C_i = Custo unitário da categoria i (R\$ caixa⁻¹);

CT = Custo máximo semanal (R\$).

Foi incorporada ao modelo uma ferramenta de controle e redução de desperdício, que contabiliza a quantidade de mercadoria descartada e multiplica pelo seu valor de venda, descontando este valor do lucro bruto resultante da implementação do modelo. Esta penalização permite ao atacadista visualizar de maneira prática o impacto que o desperdício gera sobre o lucro da empresa, permitindo que ações preventivas sejam tomadas visando a adequação da quantidade adquirida de mercadoria à capacidade de comercialização da empresa, além de representar um maior comprometimento da empresa com a questão socioambiental.

3.2 MAÇÃ

A cadeia de comercialização da maçã é caracterizada pela alta tecnificação e pela necessidade de armazenamento para a manutenção de sua qualidade por um maior período de tempo. Após colhida, a maçã é transportada até as indústrias de beneficiamento, onde é selecionada, classificada e embalada em caixas de papelão, geralmente contendo 18 kg. A compra pelo mercado atacadista é realizada junto à estas indústrias, sendo o frete de responsabilidade do comprador. Ao chegarem na empresa atacadista, os paletes contendo as caixas de maçã são descarregados por meio de transpalete hidráulico manual e armazenadas em câmaras frias. O fluxograma de comercialização está ilustrado na Figura 1.

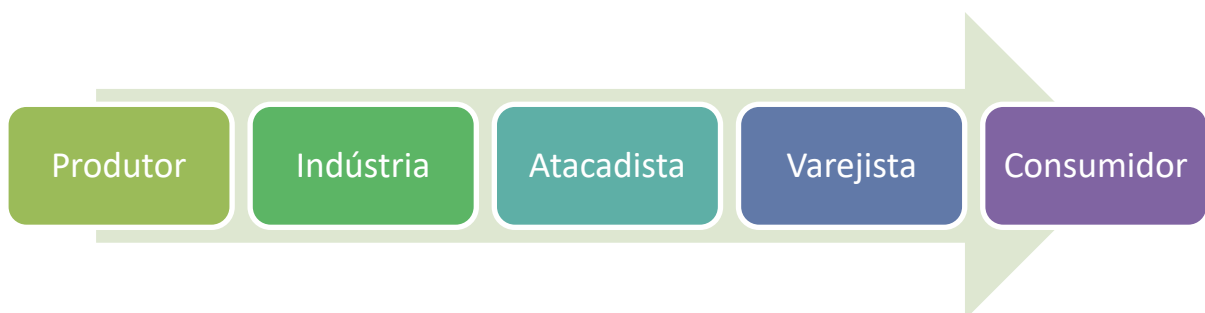


FIGURA 1 – Fluxograma da cadeia de comercialização da maçã.
 FONTE: Dados levantados pelo Autor

Atualmente existem quatro variedades de maçã que correspondem à maior porcentagem do volume comercializado no país, as nacionais Fuji e Gala, e as importadas Granny Smith e Red Delicious. As nacionais são classificadas em três categorias de acordo com o tamanho e coloração, sendo a categoria 1 correspondente ao maior padrão e a 3 ao menor. A Tabela 1 apresenta os dados

referentes à comercialização de maçã colhidos junto à empresa atacadista selecionada para a aplicação do modelo:

TABELA 1 – Dados referentes à comercialização de maçã pela empresa atacadista.

EMPRESA A - MAÇÃ				
Variedade	Custo em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Preço em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Margem (R\$ Caixa⁻¹)	Demanda Semanal Média (caixas 18 kg)
Gala CAT 1	42,00	60,00	18,00	1000
Gala CAT 2	35,00	50,00	15,00	1500
Gala CAT 3	32,00	40,00	8,00	2000
Fuji CAT 1	42,00	60,00	18,00	1100
Fuji CAT 2	35,00	50,00	15,00	1600
Fuji CAT 3	32,00	40,00	8,00	2100
Red Delicious	85,00	100,00	15,00	200
Granny Smith	85,00	100,00	15,00	100
Capacidade de Armazenagem				
Câmara de Climatização		Capacidade (caixas 18 kg)		
1		1500		
2		1500		
Total		3000		

FONTE: Dados levantados pelo Autor

Conforme é possível observar na Tabela 1, as três categorias de maçã Gala e Fuji apresentam preços e custos idênticos entre si, embora a demanda pela variedade Fuji seja ligeiramente maior. Isso pode ser explicado pelo fato da coleta destes dados ter sido realizada no mês de maio, quando ambas as variedades apresentam boa oferta no mercado. O mesmo ocorre entre as variedades importadas, com destaque para a maior demanda pela variedade Red Delicious.

A Tabela 2 apresenta um comparativo entre o cenário atual de comercialização por parte da empresa atacadista e o cenário proposto através da aplicação do modelo matemático:

TABELA 2 – Comparativo entre a situação atual e a prevista pelo modelo.

EMPRESA A - MAÇÃ		
Variedade	Comercialização atual (caixas 18 kg)	Comercialização prevista pelo modelo (caixas 18 kg)
Gala CAT 1	1000	1300
Gala CAT 2	1500	1775
Gala CAT 3	2000	2000
Fuji CAT 1	1100	1430
Fuji CAT 2	1600	1900
Fuji CAT 3	2100	2100
Red Delicious	200	200
Granny Smith	100	100
Custo (R\$)	353.400,00	400.000,00
Lucro Bruto (R\$)	121.600,00	141.571,43

FONTE: Dados levantados pelo Autor

Os dados sugeridos pelo modelo demonstram a possibilidade de um incremento de aproximadamente 16% no lucro bruto da comercialização, embora signifique um custo 13% maior. Entretanto, como podemos observar, a atividade de comercialização de maçã apresenta a característica de possuir um custo muito alto em comparação à margem, portanto o ganho de escala pode ser considerado fundamental para a sustentabilidade da atividade. Por se tratar de uma fruta com longa vida de prateleira quando armazenada sob condições adequadas, o descarte de mercadorias tende à zero, portanto a ferramenta de penalização por desperdício não foi considerada neste caso.

Resultados semelhantes foram obtidos por Cassel, Antunes Jr. e Oenning (2006) realizando um estudo de caso sobre a utilização da programação linear na otimização da lucratividade em uma unidade de abate e industrialização de aves, em que foram verificadas diferenças significativas na lucratividade global da operação, decorrentes da aplicação do modelo matemático proposto.

Já Santos e Quintal (2016), pesquisando a aplicação da Programação Linear na formulação de dietas para Suínos considerando o custo, verificaram que a dinamicidade do sistema, onde há fortes influências dos ambientes macro e micro econômicos, tornam algumas variáveis difíceis de modelar, concluindo que o modelo sugerido, por mais robusto que seja, funcionará razoavelmente bem dentro de uma pequena janela temporal, indicando a necessidade de novas pesquisas sobre o tema.

É possível observar na Tabela 2 que o modelo proposto priorizou a comercialização dos produtos com maior margem, que no caso correspondem à CAT 1 das variedades Gala e Fuji. Como o mix de produtos é essencial para a atividade, restringiu-se o incremento em 30% da demanda original por categoria, de modo que houve incrementos também na CAT 2 de ambas as variedades.

A Figura 2 apresenta as compras diárias gerais de mercadorias propostas pelo modelo:

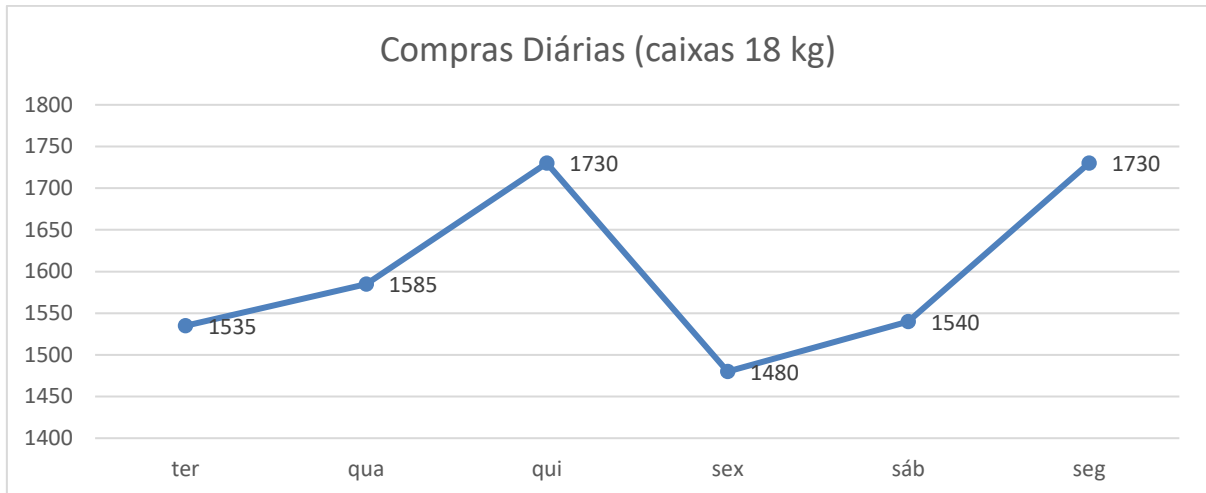


FIGURA 2 – Distribuição das compras diárias resultantes da modelagem matemática.
 FONTE: O Autor

Uma das particularidades observadas no mercado atacadista da unidade de Curitiba da CEASA/PR é que o maior volume de comercialização é verificado nas terças e sextas-feiras, dias em que o volume de compradores é tipicamente maior. Como é possível verificar na Figura 2, esta informação foi implementada no modelo, de forma que os picos observados no gráfico de compras coincidem com os dias anteriores aos de maior comercialização, de modo que a empresa possua em estoque o volume necessário para a comercialização do dia seguinte.

As Figuras 3 e 4 apresentam um comparativo da utilização da capacidade de armazenamento entre a situação atual estimada e a situação prevista pelo modelo matemático, respectivamente:

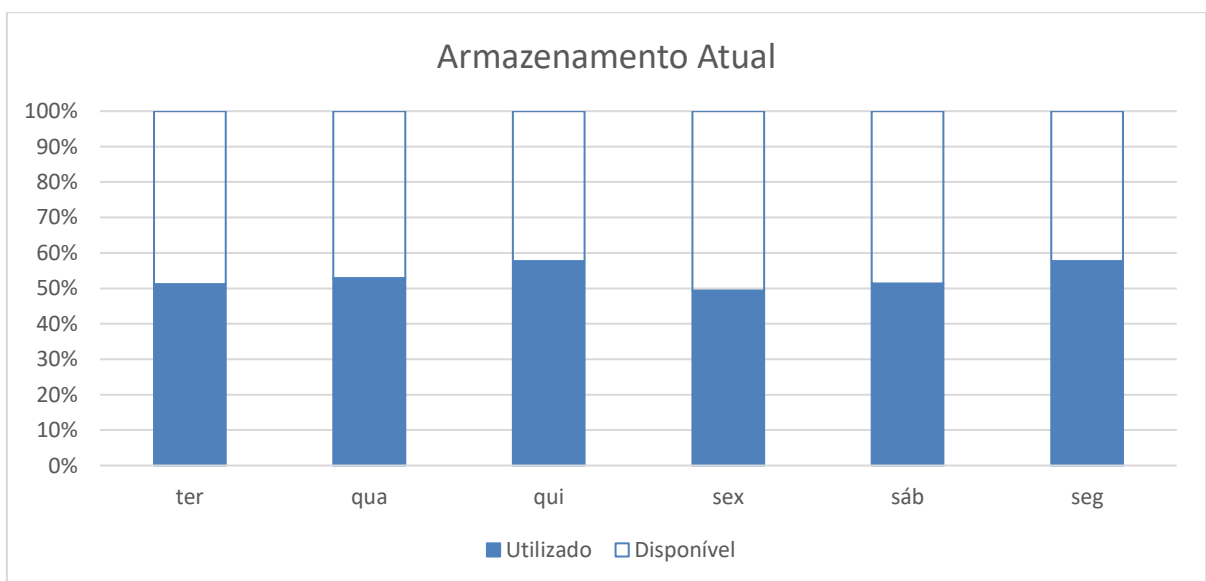


FIGURA 3 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento atual estimado (utilizado) para a cultura da maçã.
 FONTE: O Autor

A Figura 3 demonstra que pode existir um subaproveitamento da capacidade de armazenamento disponível na empresa analisada. Isso pode estar ocorrendo por diversos fatores, entre eles o planejamento equivocado das compras, que podem estar sendo realizadas em grandes volumes e espaços longos de tempo. Isto pode representar um custo fixo desnecessário por parte da empresa, uma vez que a utilização estimada não ultrapassa os 60% da capacidade total, o que demonstra que o volume comercializado atualmente não utiliza o potencial de armazenamento da empresa.

Por outro lado, este também é um indicativo de que a empresa tem a possibilidade de expandir sua operação de comercialização sem que haja a necessidade de realizar novos investimentos para a ampliação da sua capacidade de armazenagem, permitindo incrementar suas receitas a um custo significativamente baixo, fazendo-se necessárias apenas algumas mudanças em seu planejamento.

Neste sentido, a Figura 4 demonstra a utilização da capacidade de armazenamento proposta pelo modelo matemático.

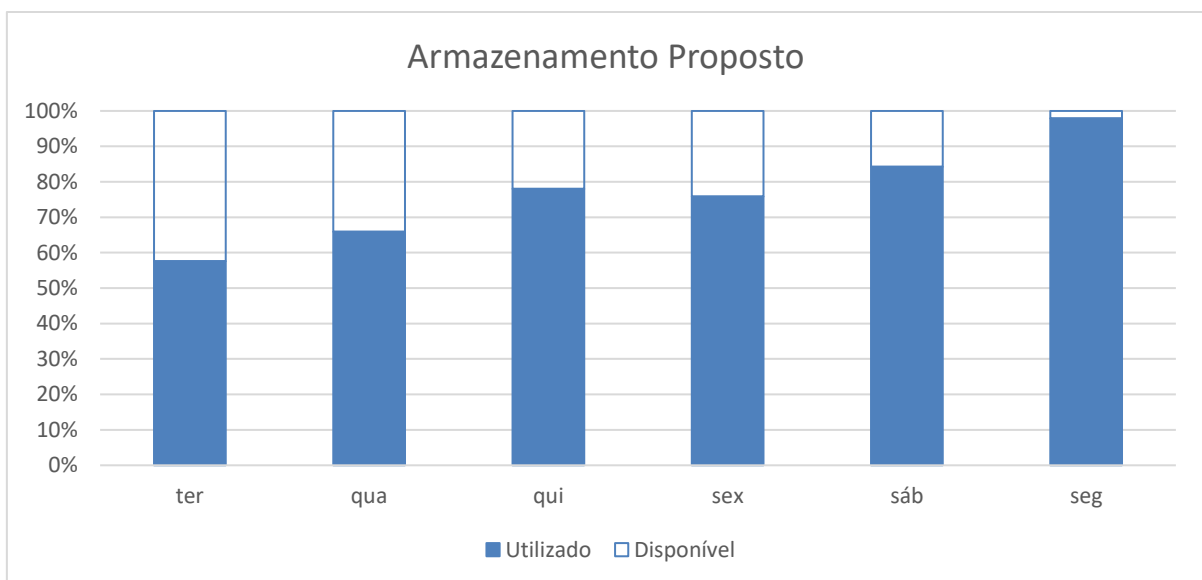


FIGURA 4 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento previsto pelo modelo matemático (utilizado) para a cultura da maçã.

FONTE: O Autor

É possível perceber que o modelo proposto prevê uma maior utilização da capacidade de armazenamento disponível por parte da empresa, ou seja, uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, de forma que a empresa seja capaz de atingir um lucro bruto superior sem que haja impactos significativos nos

custos fixos. Isso também implica em uma maior disponibilidade de mercadoria, que possibilita um maior ganho de escala, pois permite à empresa fechar novos acordos comerciais.

De modo semelhante, estudando o planejamento de produção de grãos em propriedades agrícolas familiares, Biagio et al (2007) observaram através de simulações realizadas que o modelo proposto permite oferecer ao produtor detalhadamente qual a melhor estratégia mensal para utilização dos recursos disponíveis, maximizando as sobras mensais de caixa e minimizando a utilização de crédito.

3.3 BANANA

A cadeia de comercialização da banana é descentralizada, dependendo do transporte rápido e adequado após a colheita para que a qualidade do produto seja mantida. Após a colheita, a banana é embalada em caixas de 20 kg e transportada diretamente dos produtores, cooperativas ou empresas produtoras (administradoras de várias unidades produtoras) para as empresas atacadistas, que arcam com o custo da carga e as despesas de envio. Uma das características do comércio desta fruta é que os cachos são colhidos e embalados para o transporte ainda verdes, e seu amadurecimento muitas vezes é realizado nas empresas atacadistas, através da climatização e utilização de gás etileno, em um processo conhecido como desverdecimento. Portanto, ao chegar na empresa atacadista, a banana é imediatamente armazenada em câmaras de climatização, onde permanece até sua comercialização.

Aproximadamente 50% do total comercializado pelas empresas atacadistas é vendido ainda verde, enquanto os 50% restantes são vendidos após a maturação, que ocorre entre 3 a 6 dias, dependendo do estágio de maturação em que é recebido pela empresa. A Figura 5 apresenta o fluxograma de comercialização das cadeias da banana e do mamão, que possuem características semelhantes.

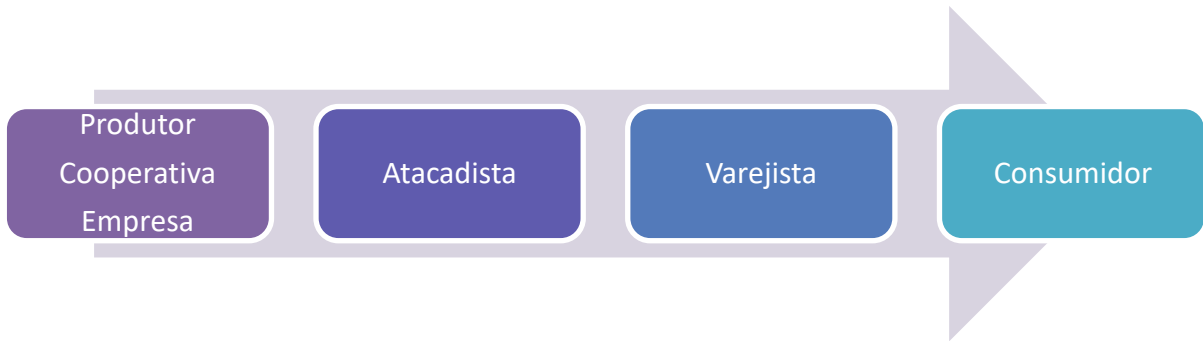


FIGURA 5 – Fluxograma da cadeia de comercialização da banana e do mamão.
 FONTE: Dados levantados pelo Autor

As principais variedades de banana comercializadas no país são a Caturra, Prata, Maçã e da Terra. A variedade Caturra é a mais comercializada, seguida pela Prata, que somadas representam em torno de 95% do total comercializado desta fruta na CEASA de Curitiba.

A Tabela 3 apresenta os dados referentes à comercialização de banana obtidos junto à empresa atacadista selecionada para a elaboração do modelo:

TABELA 3. Dados referentes à comercialização de banana pela empresa atacadista.

EMPRESA B - BANANA				
Variedade	Custo em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Preço em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Margem (R\$ Caixa⁻¹)	Demanda Semanal Média (caixas 20 kg)
Caturra	15,00	25,00	10,00	3800
Prata	30,00	50,00	20,00	1500
Maçã	50,00	90,00	40,00	150
Terra	63,00	70,00	7,00	80
Capacidade de Armazenagem				
Câmara de Climatização		Capacidade (caixas 20 kg)		
	1	800		
	2	800		
	3	800		
	4	800		
	5	800		
	6	800		
	7	800		
	Total	5600		
	Disponível (50%)	2800		

FONTE: Dados levantados pelo Autor

Os dados apresentados na Tabela 3 demonstram os preços e as quantidades comercializadas semanalmente para cada variedade no mês de maio. Embora seja a mais comercializada, a variedade Caturra apresenta a segunda pior margem, atrás apenas da variedade Terra, que apresenta as menores margem e demanda. A variedade Caturra, entretanto, também apresenta o menor custo, o que

permite um maior giro de mercadoria com baixo custo. A variedade que apresentou a maior margem é a Maçã, embora sua demanda seja relativamente baixa.

Considerou-se como disponível apenas 50% da capacidade de armazenamento total, uma vez que uma das características da comercialização da banana é que 50% dos frutos são comercializados verdes e os outros 50% maduros, portanto há a necessidade extra espaço para a maturação dos frutos.

A Tabela 4 apresenta um comparativo entre o cenário atual de comercialização por parte da empresa atacadista e o cenário proposto através da aplicação do modelo matemático:

TABELA 4 - Comparativo entre a situação atual e a prevista pelo modelo.

EMPRESA B - BANANA		
Variedade	Comercialização atual (caixas 20 kg)	Comercialização prevista pelo modelo (caixas 20 kg)
Caturra	3800	3800
Prata	1500	2682
Maçã	150	750
Terra	80	80
Custo (R\$)	114.540,00	180.000,00
Lucro Bruto (R\$)	74.560,00	122.200,00
Penalização (R\$)	1.100,00	1.100,00

FONTE: Dados levantados pelo Autor

Conforme os dados apresentados na Tabela 4, é possível perceber que o arranjo de comercialização proposto pelo modelo permite incrementar em até 64% o lucro bruto da atividade, implicando em um aumento de aproximadamente 57% no custo. Portanto, a aplicação do modelo proposto pode significar um aumento muito significativo no lucro bruto da empresa, embora haja necessidade de uma maior disponibilidade de caixa para arcar com os custos de aquisição da mercadoria.

Da mesma forma, Colin, Cipparrone e Shimizu (1999), analisando a aplicação da programação linear na otimização do custo de transporte e distribuição-armazenagem de açúcar em uma empresa do ramo açucareiro, verificaram que com a implementação mensal do modelo matemático durante o período de um ano, as decisões previstas pelo modelo teriam economizado um total de US\$ 197.870,00 em comparação às decisões tomadas sem a utilização do modelo proposto.

Além disto, resultados semelhantes obtidos por Oliveira e Caixeta Filho (2013) apontam a possibilidade de utilização da Programação Linear para a determinação da rentabilidade resultante da conversão de propriedades produtoras de café sob cultivo convencional para o cultivo orgânico, permitindo estimar a

lucratividade da produção orgânica de café nos diferentes cenários previstos. Estes autores afirmam ainda que o modelo proposto permite afirmar que esta conversão somente é economicamente viável caso o incremento no preço recebido pelo café orgânico seja 30% superior em comparação com o café convencional.

Portanto, o modelo proposto no presente trabalho também depende da capacidade da empresa de comercializar as quantidades previstas pelo sistema, caso contrário existe a possibilidade da operação resultar em prejuízo, o que evidencia a necessidade do constante acompanhamento e ajuste dos dados fornecidos ao modelo.

A banana, por se tratar de um fruto climatérico, apresenta um rápido processo de amadurecimento, o que significa que mesmo quando armazenada sob condições ideais pode haver rápida degradação do produto, o que inviabiliza sua comercialização. Este fato, além de gerar prejuízos econômicos para empresa, também gera um passivo socioambiental, resultantes do desperdício de alimentos. Deste modo, foi implementada ao modelo uma ferramenta de penalização em caso de desperdício, em que é descontado o valor de venda da mercadoria do lucro bruto cada vez que há o descarte de produtos.

A Figura 6 apresenta as compras diárias gerais de mercadorias propostas pelo modelo:

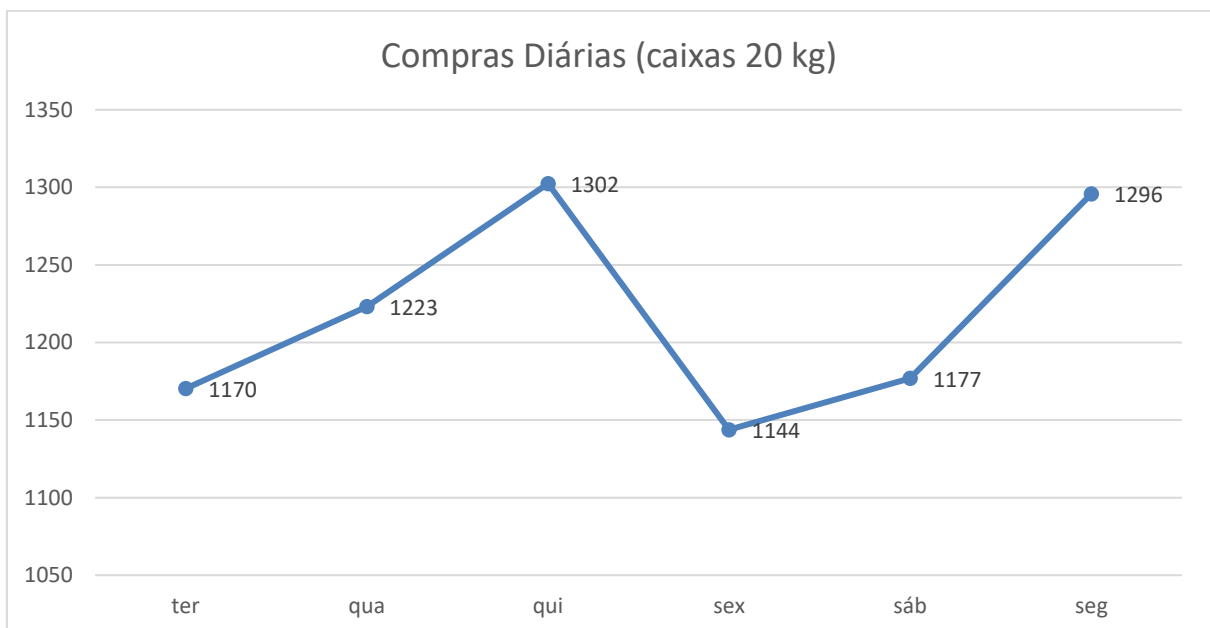


FIGURA 6 – Distribuição das compras diárias resultantes da modelagem matemática.
FONTE: O Autor

Novamente, as compras diárias propostas pelo modelo observadas na Figura 6 mostraram-se adequadas ao fluxo de comercialização observado na CEASA de Curitiba, respeitando os dias em que há maior comercialização e assegurando que haja disponibilidade em estoque para a comercialização de acordo com o fluxo de demanda exigido.

As Figuras 7 e 8 apresentam um comparativo da utilização da capacidade de armazenamento entre a situação atual estimada e a situação prevista pelo modelo matemático, respectivamente:

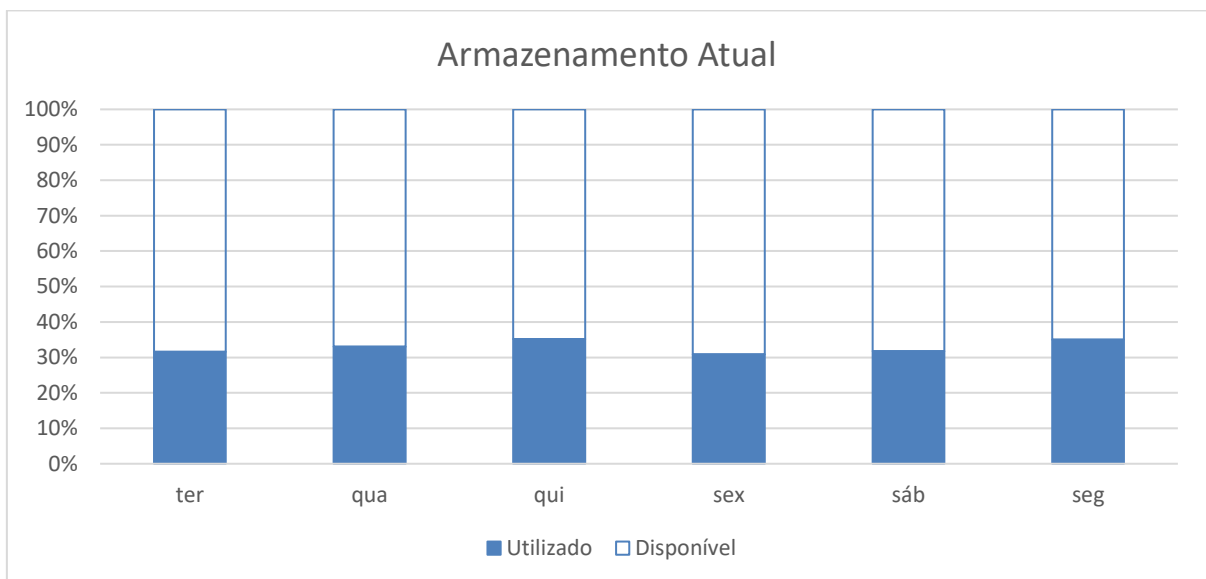


FIGURA 7 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento atual estimado (utilizado) para a cultura da banana.
FONTE: O Autor

Conforme é possível observar através da Figura 7, também fica claro que a utilização da capacidade de armazenamento estimada para a comercialização atual de banana é muito baixa, não ultrapassando os 40% da capacidade instalada. Este baixo aproveitamento pode ser causado por diversos motivos, que podem incluir um planejamento ineficaz das compras, ou a necessidade frequente de manutenção das câmaras climatizadoras.

Este baixo aproveitamento abre espaço para que se busque novas estratégias para o melhor aproveitamento da infraestrutura disponível, que possam resultar em uma atividade com maior eficiência na alocação dos recursos.

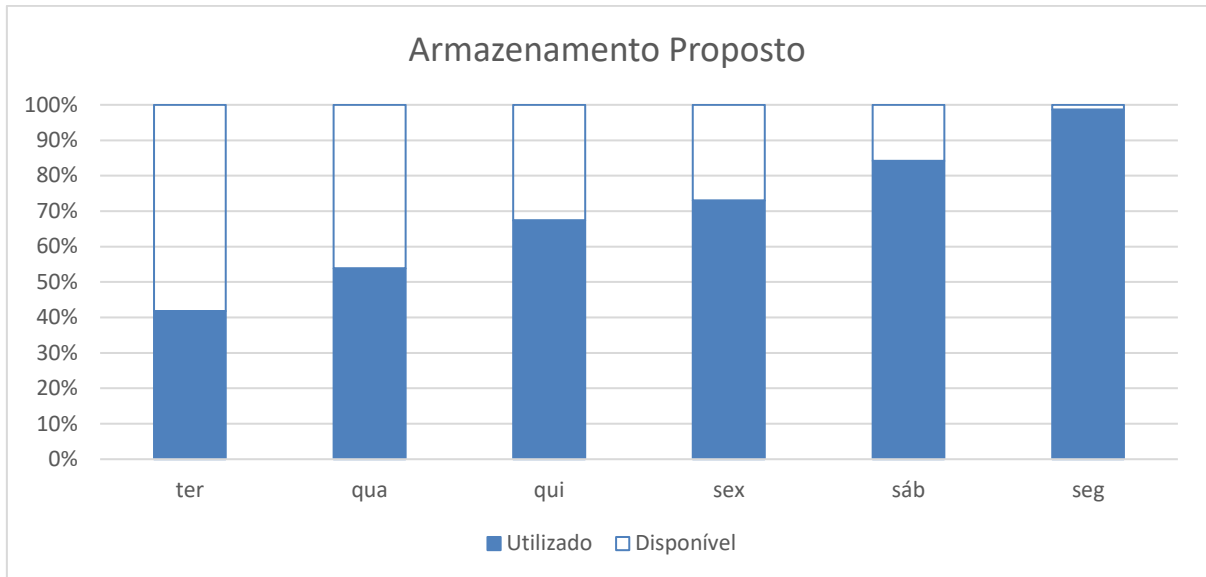


FIGURA 8 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento previsto pelo modelo matemático (utilizado) para a cultura da banana.

FONTE: O Autor

Deste modo, a Figura 8 apresenta o planejamento de estoque resultante da aplicação do modelo matemático proposto para a atividade de comercialização atacadista de banana. Ao analisarmos o gráfico é possível perceber uma utilização crescente da capacidade de armazenamento, resultando em um melhor aproveitamento da capacidade instalada e permitindo expandir a atividade sem a necessidade de novos investimentos, apenas com uma melhor alocação dos recursos disponíveis.

Tavares et al (2011) afirmam que é possível otimizar a utilização de recursos hídricos em uma propriedade agrícola através da utilização de um modelo matemático, sem que haja alterações significativas no Valor Presente Líquido Total (VPLt), proporcionando a redução dos recursos hídricos utilizados sem que haja queda na receita, utilizando diferentes tipos de cultivo para otimizar a área produtiva, dividida em 3 talhões.

Estes resultados corroboram a importância do estudo e desenvolvimento de modelos matemáticos para a tomada de decisão nos mais variados segmentos da economia, principalmente nos casos onde existe a necessidade de otimização de uma variável limitante ou restritiva, como no caso do armazenamento, pois permite o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

3.4 MAMÃO

Assim como no caso da banana, a cadeia de comercialização do mamão é descentralizada (Figura 5), dependendo do transporte e armazenamento adequados para manutenção de suas características. Após a colheita, o mamão é embalado e transportado diretamente dos produtores, cooperativas ou empresas produtoras (administradoras de várias unidades produtoras) para as empresas atacadistas, que ficam responsáveis pelos custos da carga e do frete. Assim como acontece com a cultura da banana, o mamão muitas vezes também é colhido ainda verde, completando seu processo de amadurecimento durante o transporte e a armazenagem. Portanto, ao chegar na empresa atacadista, o mamão passa por um processo de classificação e posteriormente é armazenado em câmaras de climatização, onde pode permanecer por um período de 3 a 5 dias para completar seu processo de maturação. Diferentemente da banana, a maior parte do mamão que chega na empresa atacadista é classificado e comercializado, sem a necessidade de completar o processo de maturação. O fluxograma da cadeia de comercialização do mamão está ilustrado na Figura 5.

Existem duas variedades principais de mamão comercializadas atualmente, que são a variedade Formosa e a variedade Hawai, também conhecida como Papaya. O mamão Formosa é o mais comercializado, respondendo por aproximadamente 75% do total comercializado nas empresas atacadistas da CEASA de Curitiba. Os dados coletados junto à empresa atacadista escolhida para a elaboração do modelo de comercialização de mamão estão dispostos na Tabela 5:

TABELA 5. Dados referentes à comercialização de mamão pela empresa atacadista.

EMPRESA C - MAMÃO				
Variedade	Custo em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Preço em Mai/2017 (R\$ Caixa⁻¹)	Margem (R\$ Caixa⁻¹)	Demanda Semanal Média (caixas 15 kg)
Formosa	9,00	20,00	11,00	4000
Hawai	15,00	28,00	13,00	1280
Capacidade de Armazenagem				
Câmara de Climatização			Capacidade (caixas 15 kg)	
	1		800	
	2		700	
	3		600	
	Total		2100	

FONTE: Dados levantados pelo Autor

É possível observar através da Tabela 5 que a cadeia de comercialização de mamão é restrita às duas variedades disponíveis, sendo que a variedade Formosa representa grande parte deste mercado, enquanto que a variedade Hawai,

embora possua menor participação, apresenta uma maior margem quando comparada à variedade Formosa. Em relação ao custo, a variedade Hawaii apresenta um custo significativamente maior que a variedade Formosa, até mesmo por apresentar maior aceitação no mercado externo, que absorve boa parte da produção nacional desta variedade.

A Tabela 6 apresenta um comparativo entre o cenário atual de comercialização por parte da empresa atacadista e o cenário proposto através da aplicação do modelo matemático:

TABELA 6 - Comparativo entre a situação atual e a prevista pelo modelo.

EMPRESA C - MAMÃO		
Variedade	Comercialização atual (caixas 15 kg)	Comercialização prevista pelo modelo (caixas 15 kg)
Formosa	4000	4600
Hawaii	1280	1840
Custo (R\$)	55.200,00	69.000,00
Lucro Bruto (R\$)	60.640,00	74.520,00
Penalização (R\$)	580,00	580,00

FONTE: Dados levantados pelo Autor

De acordo com os dados demonstrados na Tabela 6, a utilização do modelo proposto para a comercialização atacadista de mamão possibilita um aumento de aproximadamente 23% no lucro bruto obtido com a atividade. Para tanto, é necessário um incremento de 25% no custo com a aquisição da mercadoria. Fica claro que o baixo custo de aquisição, quando comparado às demais frutas estudadas, torna o mamão uma excelente alternativa para a comercialização atacadista, uma vez que a margem de venda muitas vezes é superior ao custo de aquisição do produto.

O modelo proposto demonstra que é possível implementar melhorias no modelo de comercialização adotado pela empresa atacadista analisada, possibilitando um retorno consideravelmente maior desde que haja uma maior disponibilidade de caixa para o pagamento dos custos envolvidos, bem como um aumento na capacidade de comercialização. Para tanto, há a necessidade de avaliação da aplicabilidade real da otimização proposta pelo modelo.

Neste sentido, estudando a viabilidade do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) em comparação com o sistema de cultivo convencional no Estado do Mato Grosso, Fernandes e Finco (2014) verificaram através da implementação do modelo matemático proposto que, mesmo com as ferramentas implantadas pelo

Programa de Agricultura de Baixo Carbono, o sistema ILP se mostrou incapaz de competir economicamente com o sistema convencional de cultivo, sendo mais atrativo para o produtor da região continuar cultivando soja e milho dentro do sistema convencional, pelo menos até que novas ferramentas de prêmio para redução de emissão de carbono sejam implementadas.

Vale ainda ressaltar que, embora o mamão Hawaii apresente maior margem em comparação com o Formosa, o modelo sugere um incremento maior na comercialização do mamão Formosa. Isso explica-se pelo fato de que uma das restrições adotadas no modelo é o custo de aquisição do produto. Uma vez que o custo de aquisição da variedade Formosa é muito menor que o custo de aquisição da variedade Hawaii, o modelo é capaz de predizer a combinação ideal de quantidade entre as duas variedades para que o lucro bruto obtido seja máximo, restrito ao custo de aquisição e à capacidade de armazenamento.

Rocco e Morabito (2016), desenvolvendo um modelo matemático para planejamento da produção e logística na cadeia do tomate, verificaram que o modelo elaborado foi capaz de fornecer os instrumentos necessários para a tomada de decisões ótimas, que resultaram em melhorias econômicas quando comparadas às decisões tomadas sem a utilização do modelo, sugerindo que a aplicação do modelo alcançou resultados promissores e que as perspectivas para novos estudos são encorajadoras.

O mamão, assim como a banana, também apresenta um processo acelerado de maturação, que muitas vezes resulta em perda de qualidade mesmo quando armazenado sob condições ideais, impossibilitando sua comercialização. Desta forma, visando reduzir as perdas decorrentes deste processo, optou-se por adotar o sistema de penalização por desperdício, para que haja o ajuste do modelo sempre que houver descarte do produto.

A Figura 9 apresenta as compras diárias gerais de mercadorias propostas pelo modelo:

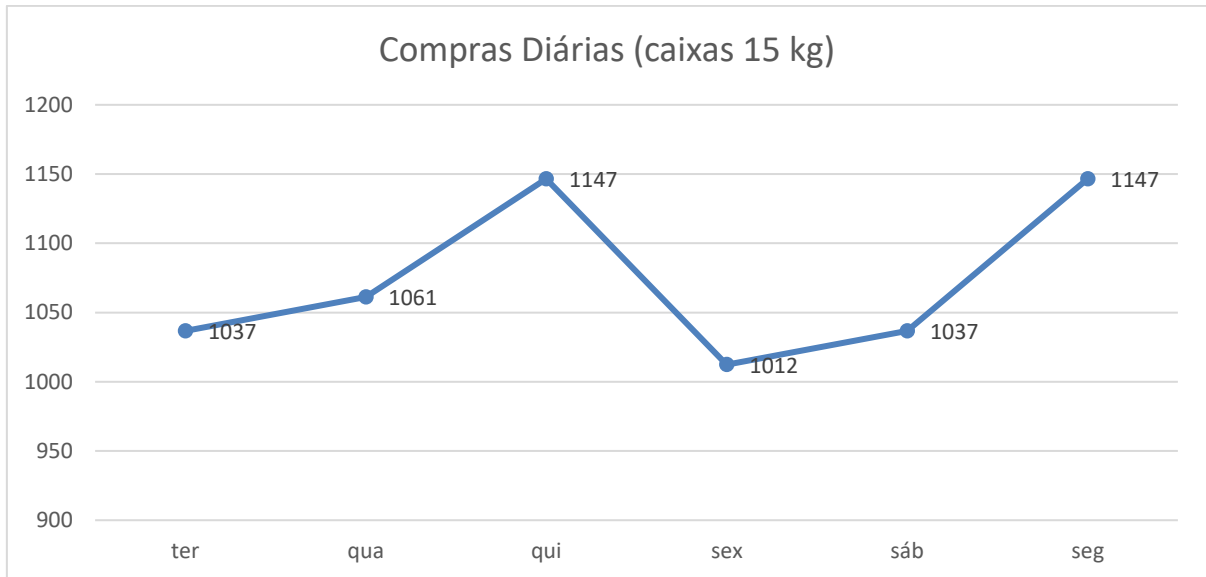


FIGURA 9 – Distribuição das compras diárias resultantes da modelagem matemática.
 FONTE: O Autor

Novamente, a Figura 9 mostra que as aquisições diárias de mamão propostas pelo modelo matemático respeitaram os picos de comercialização observados no mercado atacadista da CEASA de Curitiba, respeitando as condições observadas.

As Figuras 7 e 8 apresentam um comparativo da utilização da capacidade de armazenamento entre a situação atual estimada e a situação prevista pelo modelo matemático, respectivamente:

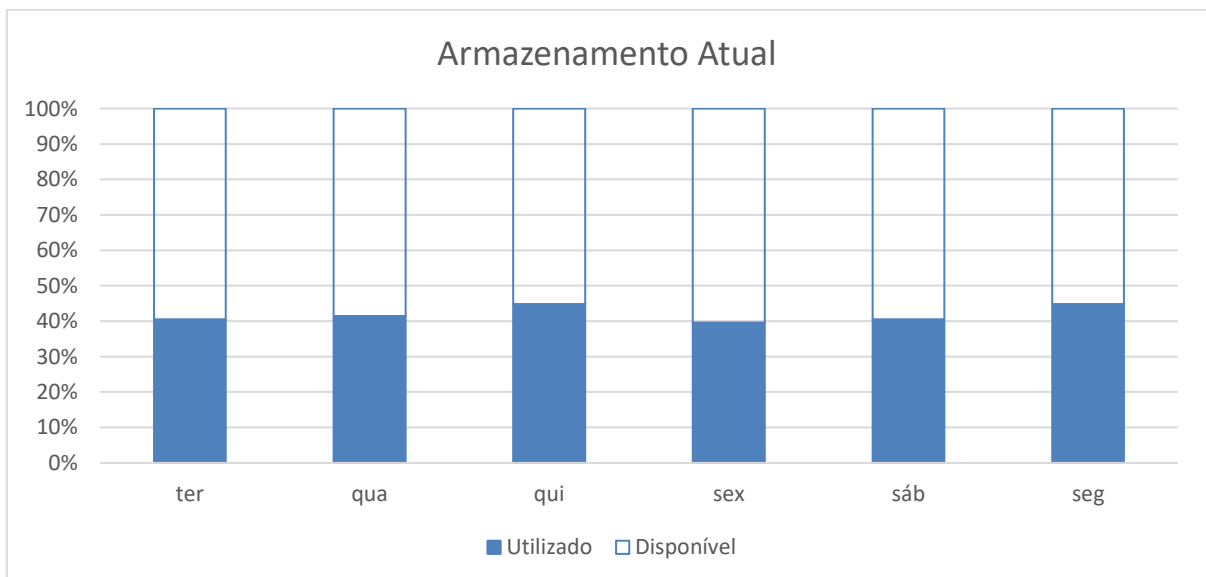


FIGURA 10 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento atual estimado (utilizado) para a cultura do mamão.
 FONTE: O Autor

No caso do mamão também foi verificado que, de acordo com a utilização estimada da capacidade de armazenamento disponível, há ociosidade na utilização atual da capacidade instalada, como é possível observar na Figura 10. Essa ociosidade levanta mais uma vez a possibilidade de implementar melhorias visando aumentar a eficiência do sistema de comercialização, através de uma melhor utilização do armazenamento disponível.

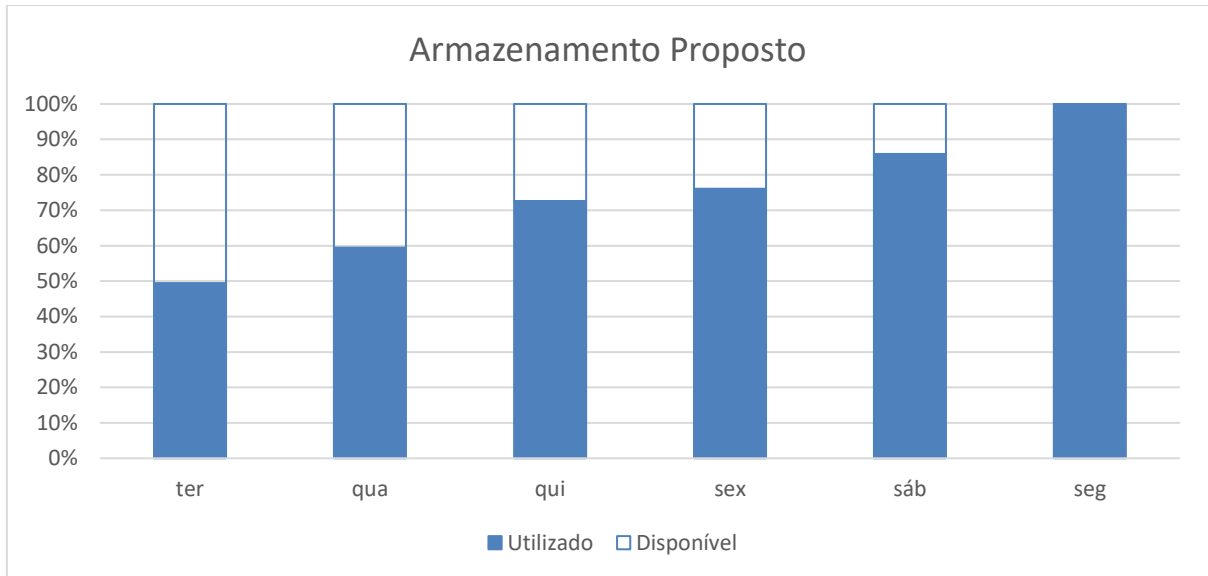


FIGURA 11 – Comparativo entre a porcentagem da capacidade de armazenamento total (disponível) e do armazenamento previsto pelo modelo matemático (utilizado) para a cultura do mamão.

FONTE: O Autor

A Figura 11 demonstra a utilização otimizada da capacidade de armazenamento, de acordo com as especificações propostas pelo modelo matemático para a comercialização atacadista de mamão. É possível perceber que a utilização da capacidade instalada chega a 100% no último dia de comercialização previsto pelo modelo, o que sugere a necessidade de verificação da adaptabilidade do modelo à condição real, ou da necessidade de realização de ajustes no modelo proposto para que seja fidedigno à realidade.

Neste sentido, analisando a cadeia de produção e distribuição de sementes de milho Junqueira e Morabito (2006) corroboram os resultados obtidos por outros autores, trabalhando com 6 cenários possíveis verificaram que as expectativas para cada um destes cenários foram confirmadas, demonstrando que as soluções do modelo científico correspondem ao modelo conceitual. Estes autores ainda afirmam que a incorporação dos custos fiscais na função objetivo interfere consideravelmente nas variáveis de decisão, permitindo reduzir os custos de

planejamento da produção e logística, além de tornar a empresa analisada mais competitiva.

Portanto, é necessária a avaliação e possível incorporação de novas variáveis que possam oferecer maior confiabilidade aos dados propostos pelo modelo matemático.

4. CONCLUSÃO

O modelo matemático proposto mostrou-se ajustado ao cenário observado, permitindo a otimização do planejamento de compra e estoque de maçã, banana e mamão, possibilitando o aumento do lucro bruto, diminuição do desperdício e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para a atividade de comércio atacadista destes produtos.

As variáveis restritivas utilizadas no modelo foram a necessidade de armazenamento e a disponibilidade de caixa para a compra de mercadorias.

É importante salientar a necessidade do acompanhamento e comparação entre os dados propostos pelo modelo e os dados reais por um período mais longo de tempo, de modo que se confirme a aplicabilidade do modelo ou que sejam feitos os ajustes necessários para que seja capaz de reproduzir com maior exatidão as situações observadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM. Associação Brasileira de Produtores de Maçã. **Anuário brasileiro da maçã 2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016.

AGAPOMI. Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã. **Produção de maçã no Rio Grande do Sul – Safra 2015/2016**. Disponível em: <<http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/Safra-2016.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. **Pesquisa Operacional: Para cursos de engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 564 p.

BIAGIO, M. A.; ABE, E. N.; TURNES, O. Modelo para planejamento de produção de grãos em fazenda familiar – cenários sócio-econômicos e financeiros. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.27, n.3, p.377-405, Set 2007.

BIAGIO, M. A. An evolutionary study on crop production in small farm systems in the mid-west region of Brazil based on a linear programming model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 34, n.2, p. 251-273, 2014.

BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento. Fruticultura: A produção de Maçã no Brasil. **Informativo Técnico Seagri**. n° 2, p. 1-12, 2010.

CASSEL, R. A.; ANTUNES JR., J. A. V.; OENNING, V. Maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria frigorífica. **Prod.**, São Paulo, v. 16, n.2, p. 244-257, Ago 2006.

CEASA, Centrais de Abastecimento do Paraná S.A. **Banana, uma fruta universal**. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=983>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

COLIN, E. C.; CIPPARRONE, F. A. M.; SHIMIZU, T. Otimização do custo de transporte na distribuição-armazenagem de açúcar. **Prod.**, São Paulo, v. 9, n.1, p. 23-30, Jun 1999.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro – PROHORT**. Disponível em: <<http://www.ceasa.gov.br/>>. Acesso em: 20 jan 2017.

CORRÊA, T. R.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. do; BRACKMANN, A.; SILVEIRA, J. P. G.; TANAKA, H.; BOTH, V. Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n.6, p. 531-538, Jun 2010.

COSTA, F. B. da et al. Armazenamento refrigerado do mamão havaí 'golden' produzido na chapada do Apodi – RN – Brasil. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n.4, p. 37-54, Out-Dez 2010.

DIAS, C. T. et al. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de pvc e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n.2, p. 666-670, Jun 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

FERNANDES, M. S.; FINCO, M. V. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária e políticas de mudanças climáticas. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 44, n.2, p. 182-190, Jun 2014.

GAMEIRO, A. H.; ROCCO, C. D. Modelagem matemática para planejamento da produção agropecuária com vistas à sustentabilidade: aplicação em uma propriedade leiteira de Minas Gerais. **Anais**. Viçosa: 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default_publicompleta.shtm>. Acesso em: 15 jan. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=766>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

IGNACZAK, J. C.; OLIVEIRA, R. P. de; OLIVEIRA, A.C. de. Um Exemplo de Aplicação da Pesquisa Operacional na Agricultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n.3, p. 251-257. Jul 1980.

JÚNIOR, G. B. da S. et al. Growth, physiology and yield of formosa 'papaya' cultivated under different doses of coated and conventional urea. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n.3, p. 559–568, Jul-Set 2016.

JUNQUEIRA, R. D. A. R.; MORABITO, R. Um modelo de otimização linear para o planejamento agregado da produção e logística de sementes de milho. **Prod.**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 510-525, Dec 2006.

KREUZ, C. L. et al. Análise da rentabilidade da cultura da macieira em duas cultivares e duas densidades de plantio. In: XLIII CONGRESSO DA SOBER, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011. 176 p.

OLIVEIRA, R. A. D.; CAIXETA FILHO, J. V. Análise da maximização do lucro e minimização do custo no processo de conversão do café convencional para o orgânico: um estudo de caso. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 3, p. 535-554, Set 2013.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. esp., p. 48-56, Out 2011.

PRILL, M. A. de S. et al. Climatização de bananas 'Prata-Anã': métodos e tempos para o desverdecimento após o armazenamento refrigerado. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n.2, p. 134-142, Mai-Ago 2011.

ROCCO, C. D.; MORABITO, R. Production and logistics planning in the tomato processing industry: A conceptual scheme and mathematical model, **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 763-774, 2016.

SANTOS, M. D.; QUINTAL, R. S. Problema de programação linear da dieta aplicado à Nutrição de suínos. **Rev. Agro. Amb.**, v. 9, n. 2, p. 251-271, Abr-Jun 2016.

SANTOS, S. C. et al. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistentes a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n.3, p. 449-453, Dez 2006.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Rural Paranaense 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=156>>. Acesso em: 16 jan. 2017.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas Empresas. **O cultivo e o mercado da maçã**. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-maca,ea7a9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

SILVA, C. de S. et al. Avaliação econômica das perdas de banana no mercado varejista: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n.2, p. 229-234, Ago 2003.

TAVARES, B. S. et al. Análise de risco e otimização de recursos hídricos e retorno financeiro em nível de fazenda. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 338-346, Abr 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. **Fresh Deciduous Fruit: World Markets and Trade (Apples, Grapes, & Pears)**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/fruit.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

Custo do frete (km^{-1}): _____ Fixo? Sim Não

Custo de armazenamento (dia^{-1}) – Câmara: _____ M.O.: _____

Custos fixos: _____

Volume diário de comercialização (caixas): _____

Preço de comercialização: _____ Altera? Sim Não

Fornecedor 1: _____ Fornecedor 2: _____ Fornecedor 3: _____

Fornecedor 4: _____ Fornecedor 5: _____ Fornecedor 6: _____

Fornecedor 7: _____ Fornecedor 8: _____ Fornecedor 9: _____