

Estudo da viabilidade dos usos da pesquisa operacional em uma vinícola da Serra Gaúcha

Márcia Jussara Hepp Rehfeldt¹

Resumo: O presente artigo tem por objetivo discutir algumas informações que a empresa Vinícola Garibaldi, localizada na Serra Gaúcha, deveria mensurar para implementar as técnicas da pesquisa operacional, bem como as vantagens que disso poderiam advir. Os pressupostos teóricos que sustentam o estudo são inerentes à pesquisa operacional. Metodologicamente, trata-se de um estudo caso. Os dados foram coletados a partir de observações diretas na empresa, entrevistas e análise de documentos. A análise do caso permitiu observar informações necessárias para idear modelos matemáticos que possam auxiliar a cooperativa na tomada de decisões.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Estudo de Caso; Vinícola Garibaldi.

Identifying information for implementation of operational research techniques at a Serra Gaucha winery

Abstract: This article aims to discuss some information that Garibaldi Winery, located in the Serra Gaucha/Brazil should measure to implement techniques of operational research as well as the benefits that could come. Theoretical assumptions underpinning the study are related with operational research. Methodologically it was developed a case study. Data were collected from direct observations in the company, interviews and document analysis. The case analysis allowed to observe information needed to devise mathematical models that can assist the cooperative decision making.

Keywords: Operational research; Case study; Garibaldi Winery.

¹ Possui graduação em Licenciatura em Ciências - Habilitação em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1985), especialização em Educação Matemática (1997) e Gestão Universitária (2007) e mestrado em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). É doutora em informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2009). Atualmente atua no Centro Universitário Univates como professora titular. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Modelagem matemática e no ensino com tecnologias. E-mail: mreinfeld@univates.br

Introdução

A qualificação dos processos consiste num fator fundamental para qualquer empresa, visto que permite a otimização e aumento da capacidade produtiva, bem como reduzir desperdícios. Especificamente, a pesquisa operacional emerge como uma ferramenta útil para a qualificação dos processos produtivos. A utilização da pesquisa operacional permite a descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo e, através da experimentação com o modelo, descobrir a melhor maneira de operar o sistema. O resultado disso é a proposição de um conjunto de alternativas de ação, fazendo a previsão e comparação de valores, eficiência e de custos (LOESCH e HEIN, 1999).

Para isso, a pesquisa operacional envolve técnicas como modelagem matemática, na qual a construção de modelos seleciona um sistema de argumentos ou parâmetros considerados essenciais e formaliza estes através de um sistema artificial (GOLDBARG, 2000). Segundo Pidd (1998 apud REHFELDT, 2009, p. 83), um modelo é uma “representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte da realidade”.

Quanto à natureza, os modelos podem ser classificados, de acordo com Lachtermacher (2009, p. 5) em três tipos: a) físicos – são geralmente utilizados por engenheiros para ilustrar aeronaves ou casas; b) análogos – representam “relações usando diferentes meios”(um exemplo constitui-se no marcador de tanque combustível que mostra a quantidade de gasolina existente no tanque); c) matemáticos ou análogos – necessitam de informações quantificáveis e expressam relações entre variáveis de decisão. “Um modelo simbólico precisa conter um conjunto suficiente de detalhes, de tal maneira que os resultados atinjam suas necessidades, que o modelo seja consistente com os dados e que possa ser analisado no tempo disponível à sua concepção” (LACHTERMACHER, 2002, apud REHELFEEDT, 2009).

Na indústria vinícola, a aplicação da pesquisa operacional apresenta potencial para melhoramento dos processos produtivos, visto que estes seguem processos estabelecidos e padronizados para garantir o produto final. Contudo, ao mesmo passo que técnicas produtivas associadas à vinificação não podem ser alteradas, a adequação dos processos pode auxiliar na melhoria das atividades e dos resultados da empresa. Esta compreensão torna-se ainda mais evidente em empresas tradicionais, como a Cooperativa Vinícola Garibaldi. Fundada em 1931, a cooperativa preserva um *layout* produtivo próximo do original. Ao longo da sua história, dificuldades, principalmente financeiras, e, recentemente, com o incremento na produção de espumantes, desafios competitivos se tornaram evidentes. A implementação de

novas técnicas de produção apresenta-se como uma necessidade para o aumento da competitividade da empresa.

Diante desta contextualização, o presente artigo tem por objetivo discutir algumas informações que a empresa Vinícola Garibaldi deveria mensurar para implementar as técnicas da pesquisa operacional, bem como as vantagens que disso poderiam advir. O intuito é apenas indicar informações mensuráveis, não estando neste artigo uma proposição de modelo matemático.

Os pressupostos teóricos que sustentam o estudo são inerentes à pesquisa operacional. Os resultados aqui apresentados são oriundos de um estudo de caso realizado na cooperativa acima mencionada e envolvem a avaliação e estudo da possibilidade de implementação de modelos matemáticos como ferramentas de apoio à decisão. Assim, julga-se relevante abordar um referencial teórico na área da pesquisa operacional, com ênfase na programação linear.

Pressupostos teóricos

Para Moreira (2007), a pesquisa operacional data da década de 1930, sendo o termo cunhado em 1938, quando cientistas contribuíram na análise de situações militares. No entanto, ela passou a ser mais conhecida na segunda guerra mundial em função do esforço de guerra e da necessidade de alocar recursos escassos nas operações militares (MOREIRA, 2007, ANDRADE, 2000, TAHA, 2008). Segundo Andrade (2000, p. 1), desde seu nascimento, a pesquisa operacional “caracterizou-se pelo uso de técnicas e métodos científicos qualitativos por equipes interdisciplinares, no esforço de determinar a melhor utilização das operações de uma empresa”. Ademais, conforme o autor anteriormente citado, esta característica multidisciplinar das aplicações da pesquisa operacional deu origem ao enfoque sistêmico, ultrapassando as fronteiras da especialidade. De forma complementar, Loesch e Hein (1999) mencionam que esta técnica, a partir da Segunda Guerra Mundial, passa a auxiliar nos processos de tomada de decisão, em especial, no que tange aos problemas relacionados ao controle de decisão, haja vista que há uma investigação mais sistemática e racional dos processos envolvidos.

Assim, a pesquisa operacional pode ser entendida, de acordo com Loesch e Hein (1999, p. 9), como uma ciência que “estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas de ação, fazendo a previsão e comparação de valores, eficiência e de custos”. Para Silva (1998), a pesquisa operacional é um método científico de tomada de decisões, ou seja, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo e, através da

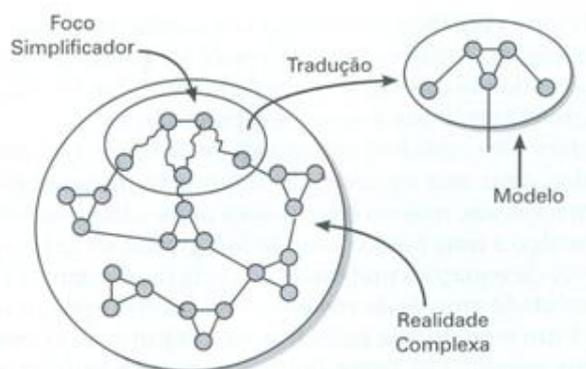
experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operá-lo. Goldberg (2000, p. 13) refere-se à pesquisa operacional como “uma disciplina tradicional que congrega diversas das mais consagradas técnicas da modelagem matemática”. Para Pidd (1998), a pesquisa operacional tem como pressuposto o desenvolvimento de métodos científicos com o intuito de analisar sistemas complexos e embasar a toma de decisões.

Para Andrade (2000), uma das características da pesquisa operacional é o fato dela oportunizar o processo de análise de decisão por meio de modelos. Segundo este autor, a construção de modelos pode estar relacionada a sistemas já existentes ou, ainda, em concepção. No primeiro caso, o objetivo é analisar o desempenho do sistema para escolher uma ação no sentido de aprimorá-lo e, no segundo, para identificar a melhor estrutura do sistema futuro.

Os conceitos “modelo” e “modelagem matemática” têm relação com o uso que seus autores fazem destes, bem como suas crenças e convicções. Goldberg (2000, p. 2), por exemplo, afirma que “modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada”. Devem ser livres de detalhes onerosos, visto que são metáforas da realidade. Para Rehfeldt (2009), modelo é uma imagem da realidade sujeita a reformulações. De acordo com Arenales et al. (2007), modelo é um objeto abstrato que procura imitar as principais características de um objeto real para fins de representação deste objeto.

Segundo Rehfeldt et al (2013), modelos eficientes dependem de uma tradução adequada da realidade e necessitam manter isomorfismo entre essa realidade complexa e o modelo a ser traduzido. Um modelo não é a realidade, mas uma imitação dela ou ainda de parte dela. A Figura 1 ilustra o efeito que a tradução pode provocar no momento da modelagem, por meio do foco simplificador.

Figura 1 – O processo de tradução

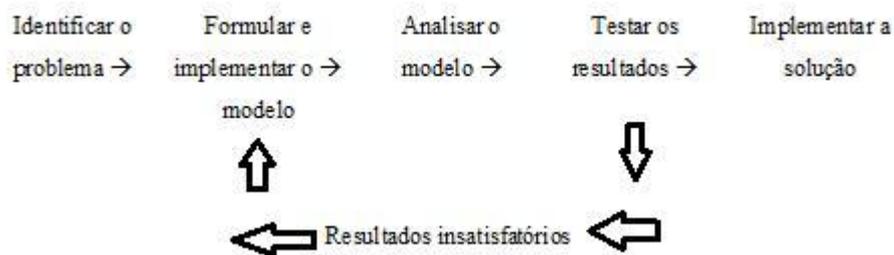


Fonte: Goldberg (2000, p. 3)

No que tange às vantagens do uso de modelos, Andrade (2000) menciona a experimentação. De acordo com o autor, por meio do modelo é possível avaliar melhor e testar possibilidades antes de implementá-las.

Vários autores apresentam as fases de um estudo de pesquisa operacional ou o processo da resolução de um problema (WAGNER, 1986, ANDRADE, 2000, MOREIRA, 2007, LACHTERMACHER, 2009, RAGSDALE, 2009). De forma simplificada, os autores apresentam o esquema de resolução de um problema de pesquisa operacional como o que está ilustrado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Um modelo visual do processo de resolução do problema



Fonte: Adaptado de Ragsdale (2009, p. 9).

Inicialmente, é necessário identificar os elementos do problema, que incluem as variáveis controladas e não controladas, as restrições sobre as variáveis e os objetivos para se obter uma boa solução. Para que as informações sejam confiáveis, é fundamental o modelador observar a situação-problema ou receber informações de especialistas no assunto, pois facilmente elas podem não estar mensuradas adequadamente e gerar uma distorção na resposta esperada. Dados já tabulados e armazenados também podem auxiliar na elaboração do modelo. Segundo Lachtermacher (2009), esta etapa parece ser a mais fácil. No entanto, a má definição do problema poderá gerar perda de tempo e esforço.

O passo seguinte é formular e implementar o modelo. Neste caso, deve-se verificar qual modelo se adequa melhor de tal forma a estabelecer as inter-relações necessárias entre as informações. É necessário idear fórmulas matemáticas capazes de traduzir o problema observado.

Analisar o modelo é a próxima meta. Segundo Ragsdale (2009), nesta etapa deve-se gerar e avaliar alternativas que conduzem o modelador a uma solução. Para o autor, isso tem

relação com vários cenários imagináveis e perguntas do tipo “e se?”. Em adição, planilhas podem auxiliar neste processo, haja vista que facilmente parâmetros podem ser alterados.

Testar a viabilidade e a qualidade de cada solução potencial é o quarto passo. Para Ragsdale (2009), um processo de testes pode gerar novos *insights* sobre a natureza de um problema. Nesta etapa também é importante verificar se os resultados foram satisfatórios ou não. Caso o modelador encontrar alguma inconsistência, deve reiniciar o processo de formulação do modelo. Conforme Andrade (2000), um modelo é válido se representar o sistema e se for capaz de fazer previsões de comportamento auxiliando na tomada de decisão. Segundo o autor anteriormente citado, isso é possível realizar a partir de dados passados do sistema e a sua consequente reprodução no comportamento. Em dados inexistentes, é necessário agir de outra forma, ou seja, “a validação é feita pela verificação da correspondência entre os resultados obtidos e algum comportamento esperado do novo sistema” (ANDRADE, 2000, p. 11).

Por fim, a implementação. De acordo com Ragsdale (2009), esta é a etapa mais difícil, pois envolve pessoas e mudança. Para Andrade (2000), a implementação deve ser acompanhada pela equipe responsável, haja vista que correções podem ser necessárias no decorrer da obtenção dos resultados, exigindo uma reformulação do próprio modelo ou de parte dele. Em adição, a presença da equipe permite administrar com mais facilidade as resistências e oposições que porventura aparecem.

Como já mencionado anteriormente, na segunda etapa da resolução de um problema de pesquisa operacional é necessário idear fórmulas matemáticas que posteriormente precisam ser resolvidas. De acordo com Moreira (2007) e Andrade (2000), com o advento dos computadores, a velocidade de processamento aumentou consideravelmente, tornado assim a pesquisa operacional uma área promissora. Antes os “cálculos eram longos e tediosos, impraticáveis para o ser humano” (MOREIRA, 2007, p. 2).

Atualmente há vários *softwares* no mercado como LINDO, LINGO, *What's Best*. Planilhas eletrônicas também têm sido utilizadas com sucesso na resolução de problemas matemáticos (REHFELDT, 2009).

Para resolver problemas de pesquisa operacional várias técnicas podem ser utilizadas, conforme mostra a figura 3 a seguir.

Figura 3 – As técnicas de pesquisa operacional

Fonte: Adaptado de Chiavenato (1993)

Para Silva (1998), a programação linear é uma das técnicas mais usadas na abordagem de problemas em pesquisa operacional. Prado (1999) enuncia a programação linear como uma técnica de otimização, uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas alternativas de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamento. Pidd (1998) menciona que a programação linear é um subconjunto de programação matemática que faz parte de um conceito maior chamado otimização de restrições. A ideia central é que alguma medida de desempenho pode ser otimizada (o que significa maximizar ou minimizar) quando sujeita a algumas restrições conhecidas. De acordo com Goldberg (2000), o modelo de programação linear reduz um sistema real (situação-problema) a um conjunto de equações ou inequações a fim de otimizar (maximizar ou minimizar) uma função objetivo.

Para Silva (1998) e Caixeta Filho (2004), o modelo matemático de programação linear é composto de: (1) uma função objetivo linear; (2) restrições técnicas representadas por um grande grupo de inequações lineares. A função objetivo deve ter um único princípio, que poderá ser de maximização ou minimização: maximização de lucro, ou de eficiência, ou de bem-estar social; minimização de custos, ou de tempos, ou de perdas, por exemplo. Ao se definir uma função objetivo, precisa-se ter clareza das variáveis de decisão envolvidas, como, por exemplo, diferentes tipos de alimentos que podem fazer parte da formulação de ração ou, ainda, tipo de cultura ou áreas que podem ser exploradas. Parte-se do pressuposto de que essas variáveis possam assumir somente valores não-negativos. As variáveis podem estar sujeitas a

uma série de limitações, as chamadas restrições do problema, habitualmente representadas por inequações (REHFELDT, 2009).

Para Goldberg (2000), Caixeta Filho (2004) e Lachtermacher (2007), os modelos de programação linear devem contemplar algumas características: (1) Proporcionalidade - a quantidade de recurso consumido por uma dada atividade deve ser proporcional ao nível dessa atividade na solução final do problema. O custo de cada atividade é proporcional ao nível de operação da atividade; (2) Não Negatividade - deve ser sempre possível desenvolver dada atividade em qualquer nível não negativo e qualquer proporção de um dado recurso deve ser sempre utilizável; (3) Aditividade - a contribuição total de todas as variáveis é igual à soma das contribuições individuais; (4) Separabilidade - pode-se identificar separadamente o custo (ou consumo de recursos) específico das operações de cada atividade (REHFELDT, 2009).

Como pode ser visto, desenvolver modelos matemáticos, em especial relacionados à programação linear, requer habilidade e, sobretudo, dados e informações confiáveis. No entanto, trazem vantagens e benefícios. Ragsdale (2009) cita vários benefícios, entre eles:

- Os modelos matemáticos são versões simplificadas do objeto ou problema de decisão que representam;
- É mais barato analisar problemas de decisão usando um modelo;
- Modelos normalmente fornecem informações necessárias no tempo certo;
- Modelos normalmente são úteis para examinar coisas que seriam impossíveis de se fazer na realidade;
- Modelos nos permitem ganhar conhecimento e entendimento sobre o objeto ou problema de decisão que está sendo investigado.

Em síntese, “o objetivo final de usar modelos é melhorar a análise de decisão”. (RAGSDALE, 2009, p. 4).

Metodologia

O propósito deste artigo é discutir algumas informações que a empresa Vinícola Garibaldi, localizada na Serra Gaúcha, deveria mensurar para implementar as técnicas da pesquisa operacional, bem como as vantagens que disso poderiam advir. Desta forma, será descrita, em especial, a forma de obtenção dos resultados relativos a esta área, visto que os resultados apresentados integram um estudo de caráter amplo e interdisciplinar, operacionalizado por meio de estudo de caso realizado. Adotou-se o estudo de caso por

entender que esta abordagem permite um melhor mapeamento da empresa. Yin (2001) destaca que o estudo de caso não é apenas um método, mas a escolha de um objeto a ser estudado, examinando o fenômeno dentro de seu contexto. Trata-se de uma investigação intensa, com descrição holística e cuja análise ocorre em simples instância de um fenômeno ou unidade social.

A coleta de dados seguiu as orientações de Yin (2001), utilizando como fontes de evidências:

- Observação: por meio de observações, buscou-se apreender aparências, eventos e comportamentos durante visitas às empresas;
- Entrevistas: com as entrevistas, o objetivo foi recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, possibilitando desenvolver uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos em análise;
- Documentos: a análise dos documentos visou corroborar e ampliar as evidências oriundas das outras fontes.

A coleta de dados para este artigo se deu junto a um grupo de oito gestores ou funcionários da empresa (contadora, enólogo, engenheiro de produção, engenheiro agrícola, responsável pelo departamento de *marketing*, gerente comercial, diretor administrativo e presidente) e visou caracterizar a empresa nos itens que envolvem esta pesquisa. Para isso, foi utilizado um roteiro semiestruturado. A coleta de dados por meio de entrevistas é recomendada por Brito (1999) em estudos em redes, e, seguindo orientações do autor, estas foram conduzidas no local de trabalho dos respondentes. Para o recrutamento dos gestores entrevistados, foi feito contato por telefone, solicitando o aceite na participação da entrevista. Foram realizadas quatro entrevistas que duraram em média uma hora. Em algumas oportunidades, mais de um entrevistado respondeu as questões do questionário, haja vista que nos encontros marcados a equipe gestora participava. Conforme acordado anteriormente, a empresa e a Instituição de Ensino assinaram termo de parceira, por meio do qual a empresa autorizou a publicação de resultados obtidos na pesquisa. Em adição, cabe mencionar que todos os entrevistados ainda assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, permitindo o uso de informações para fins de escrita de artigos.

Estas entrevistas foram todas transcritas e seu material foi analisado por meio da técnica da análise de conteúdo, de acordo com as orientações de Bardin (1977). A categoria a ser expressa aqui se refere ao emprego e uso de ferramentas de apoio à decisão, haja vista que

um dos objetivos da pesquisa foi avaliar em que nível empresas do ramo alimentício tem empregado modelos matemáticos e de que forma estes resultados têm contribuído cientificamente na gestão organizacional destas instituições.

Especificamente no que tange à pesquisa operacional, as perguntas que nortearam a entrevista foram referentes ao sistema de gestão da Vinícola, aos *softwares* utilizados na otimização de lucros e a descrição dos processos de produção do suco de uva orgânico. Os resultados são mencionados a seguir e os informantes denominados pelas letras EG1, EG2 e assim sucessivamente. Todos têm seus nomes preservados, conforme consta no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelos depoentes e anteriormente mencionado.

Análise dos dados

À luz dos autores anteriormente mencionados, entende-se que um dos primeiros passos para a utilização da pesquisa operacional é a obtenção de dados em sistemas informativos da empresa, iniciando por algumas características da empresa.

A Vinícola Garibaldi foi fundada em 1931 e situa-se em Garibaldi, a 120 Km da capital, Porto Alegre, no interior do Rio Grande do Sul. Tem uma área de 32 mil metros quadrados e capacidade para estocar que ultrapassa 20 milhões de litros (GARIBALDI, texto digital).

Atualmente, tem cerca de 350 produtores de uva fornecendo matéria-prima e, dentre esses, 50 são de uva orgânica que suprem as demandas atuais da empresa neste segmento de mercado (EG2). A quantidade de uva orgânica processada em 2012 foi por volta de 1.000.000 de quilos, sendo prevista uma redução de cerca de 20 a 30% para o ano de 2013 (EG2, EG7, EG8). Caso se queira utilizar os conceitos de pesquisa operacional, deve-se levar em consideração este aspecto, haja vista ela ser uma restrição técnica que pode ser representada por uma inequação (SILVA, 1998; CAIXETA FILHO, 2004).

A referida redução se justifica pelo fato de ter ocorrido certa estagnação nas vendas do suco orgânico. De acordo com os responsáveis pela empresa, a entrada de novos fabricantes impactou neste fato. Outro aspecto a ser mencionado é o preço. Com um valor em torno de 20% maior se comparado ao preço do suco convencional, o suco de uva orgânico necessita de um apelo comercial para ser consumido de forma mais significativa (EG5). Um exemplo comentado por alguns entrevistados foi o impacto nas vendas produzido após o programa Globo Repórter da rede Globo ter exibido as vantagens do suco de uva (EG7, EG6). Segundo

alguns dos responsáveis, uma nova vinculação na mídia de um programa como o citado anteriormente poderia alavancar as vendas.

Atualmente, 40% do faturamento da empresa está nos sucos de uva e destes, 5% representam o orgânico (EG7). Os principais clientes constituem-se de grandes redes de supermercados, em especial, de cidades com considerável número de habitantes. Essas redes realizam um trabalho de experimentação com consumidores no sentido de torná-los apreciadores do produto, bem como comunicar a estes suas vantagens (EG7). Segundo um dos entrevistados, “no suco de uva acho que é o cliente que tá preocupado em saúde, tá preocupado com a saúde da família, eu diria que é a mulher, é esposa, que tá preocupada com a saúde do filho, saúde do marido... Eu acho que o principal cliente é a mulher” (EG6). Em adição, os entrevistados afirmam que a gerência dessas grandes redes é mais informada com relação às vantagens do consumo de produtos orgânicos.

Segundo EG7, a rede Pão de Açúcar, considerada uma grande associação de supermercados, já foi responsável pela aquisição de 90% do suco da Vinícola Garibaldi. Atualmente, esse índice foi reduzido para 60 a 65%. Por um lado esse percentual de vendas pode ser considerado positivo, por outro, nem tanto, pois o poder de barganha que gerou a entrada de novos produtores poderá exigir da cooperativa uma redução no preço de entrega do produto, comprometendo a lucratividade.

Com relação à produção, o mercado de suco de uva orgânico vende o que produz, ou seja, não há uma demanda reprimida. Caso houvesse um aumento considerável no consumo, a Vinícola Garibaldi teria capacidade produtiva para fabricar uma quantidade de suco de uva orgânico maior. Portanto, a capacidade produtiva não pode ser considerada um gargalo de produção no processo de composição do suco de uva orgânico, mas deveria ser mencionada como uma restrição técnica (SILVA, 1998; CAIXETA FILHO, 2004) caso um modelo matemático de programação linear venha a ser implementado.

O consumo no país de suco de uva ainda é considerado baixo, mas está aumentando. Segundo dados do Caderno Especial do Jornal do Comércio, datados de 22 de novembro de 2013, cerca de 54 milhões litros já foram consumidos até setembro deste ano. A Vinícola Garibaldi participa com 2 a 3 milhões e, atualmente, é considerada a quarta na posição de vendas de sucos de uva no Brasil (EG6). Segundo um dos entrevistados “o preço é o entreve do setor comercial” (EG6). Embora os apelos de saúde sejam o maior argumento para sua venda, o custo do litro pode chegar a R\$ 14,00. Se comparado ao preço do refrigerante ou,

ainda, ao néctar, cujo valor gira em torno de R\$ 4,00, pode-se compreender este entrave (EG6).

Ainda em relação ao custo, a embalagem de vidro contribui com uma porcentagem significativa. Neste sentido, a cooperativa está estudando a possibilidade de usar embalagens Tetra Pak. Desta forma o custo poderia ser reduzido em cerca de R\$ 4,00 por litro. Ademais, a embalagem de vidro pode ser considerada perigosa caso crianças passem a manuseá-la nas escolas. Assim, de acordo com os entrevistados, produzir suco em caixas Tetra Pak de 200ml ou garrafas *pet rígido* poderiam ser alternativas viáveis para crianças (EG5). Cabe salientar que garrafas do tipo pet comum não podem ser utilizadas na produção, pois “o suco é envasado a quente e o pet à temperatura alta solta substâncias que podem ser danosas pra nós, cancerígenas” (EG5).

Ainda no que tange ao custo das embalagens, poder-se-ia descrever um modelo matemático de programação linear para minimizar o custo da embalagem. Neste caso, a função objetivo estaria relacionada ao custo de vários tipos de embalagens e as restrições técnicas poderiam levar em consideração capacidade de envase, demanda, capacidade produtiva, entre outras. Conforme menciona Goldabarg (2000), um modelo de programação linear é capaz de descrever um sistema real, levando em consideração um conjunto de inequações a fim de otimizar uma função objetivo – no caso, o custo das embalagens.

Os questionamentos feitos aos entrevistados para obter respostas com o intuito de propor modelagem matemática iniciaram com perguntas relacionadas aos processos de gestão de custos e *softwares* utilizados na otimização dos cálculos de lucros. Neste sentido, o entrevistado EG2 afirma que a cooperativa tem um sistema de gestão denominado *Foco* que detém os dados da contabilidade, do setor financeiro, dentre outros e que este foi customizado para a Vinícola Garibaldi, embora tenha sido desenvolvido para empresas vinícolas em geral. A partir desta informação, questionou-se como a cooperativa forma seu custo de produção. A resposta do entrevistado EG1 foi:

Bom, na verdade, assim, com relação à formação de custos hoje, a gente tem uma certa dificuldade até pela questão do sistema que nós operamos né. Nós não trabalhamos com lotes, não trabalhamos com apontamento de horas. Quando recebemos a uva, enfim, [...] lança no sistema a uva e depois a gente faz a transformação pra vinho, essa uva ela vai ser valorizada pelo valor que se estima pagar, [...] a gente faz um rateio, custos com volume de uvas [...] Internamente nós estipulamos um critério, uma base de rateio onde as uvas comuns têm um peso 1, e as uvas viníferas têm um peso 2. (EG1)

Pela afirmação de EG1, pode-se perceber que não há informação precisa quanto ao custo de cada produto, haja vista que o entrevistado afirma não ter apontamento de horas de produção do suco de uva orgânico, e que alguns dos custos são rateados. Para aplicar a técnica de pesquisa operacional denominada programação linear, é imprescindível que cada produto tenha seu custo de produção, seu preço de venda para formar o respectivo lucro. De acordo com Lachtermacher (2009), é importante as empresas terem dados que possam ser transformados em informações, sendo esta uma responsabilidade dos sistemas de informações gerenciais (SIG).

Ademais, para aplicar a técnica de programação linear, é necessário que se tenha um conjunto de restrições. De acordo com Moreira (2007), é impossível obter um lucro tão grande quanto se queira ou um custo mínimo sem levar em consideração aspectos como matéria-prima, horas disponíveis para produção, máquinas, números de operários, entre outros relacionados à produção.

Se por um lado a cooperativa não tem um valor customizado para cada produto, por outro ela não atua de forma aleatória na formação dos custos, como cita EG1:

Foi feito um levantamento, um estudo, e se atribuiu determinado peso pros litros elaborados durante o mês, digamos [...] Ah o suco é peso tal, o vinho é peso tal, o espumante é peso tal [...] e aí com o custo que eu tiver diretamente ligado com o custo de produção dos vinhos que passaram por esse processo no mês, eu vou ter um rateio que vai agregar um custo de produção desse item. (EG1)

Em adição, pode-se mencionar que a cooperativa estabelece metas e atua de forma integrada para alcançá-las, como aponta EG2: “Todos os meses nós temos uma reunião de todos os gestores de cada área e são apresentados os dados, assim, de cada produto, a quantidade que vendeu, metas bem detalhadas”.

As dificuldades mencionadas no setor de produção não são percebidas no engarrafamento, como menciona EG1:

Bom, terminado esse processo de elaboração e iniciado o processo de engarrafamento, é mais fácil quantificar tempo, né, porque tu tem ali, um início, um meio e o fim do processo. Então, durante o processo de engarrafamento, nós temos sim um tempo padrão estipulado no sistema e sobre esse tempo que eu gastei no mês, e o valor que eu tenho de gastos, eu vou achar uma taxa minuto, nós trabalhamos com minuto e vai ser agregado ao item pra tá valorizando ele. (EG1)

Como já mencionado, para formar o lucro, é necessário que todos os dados estejam disponíveis, e essa parece ser a maior dificuldade, conforme expressa EG1:

Nós somos a primeira empresa a fazer custos, trabalhar com custo integrados pelo sistema da *Foco*, eles tinham um leque de muitos clientes, mas todos eles trabalhavam tipo fechamento por inventário, só inicial ou só no final ou CPV [...] E nós fomos a primeira empresa de demonstrar a necessidade de se implantar um custo integrado no sistema, [...] então, a gente implantou o sistema em 2011, eu consegui fechar o custo em agosto de 2011. (EG1)

Embora a cooperativa já tenha realizado ajustes, ainda fazem-se outros, quando necessários, para finalizar os cálculos ao final do mês:

Então, hoje eu te diria que ainda existem algumas diferenças quando eu vou apontar ao fechamento do final de mês, existem ainda algumas diferenças, mas diferenças pequenas, a gente acaba fazendo algum tipo de ajuste pra conseguir fechar os inventários conforme a contabilidade, enfim, então, o nosso PCP que vai fazer todas essas movimentações durante o mês, [...] vai entregando, encerrando as ordens, isso se reflete depois na contabilidade e o que foi pro esto que e o que efetivamente depois foi comercializado, então, nada é processo anual, digamos, é tudo processo de integração automática feito na contabilidade (EG1).

Em conclusão, pode-se afirmar que a cooperativa possui um sistema de gestão de custos, sendo estes rateados em sua maioria. Desta forma, ela mantém um controle sobre as saídas e entradas, impedindo que se torne deficitária.

No entanto, para exemplificar, um modelo como o a seguir poderia contribuir na tomada de decisão acerca de qual produto produzir e/ou divulgar em maior escala. Com as informações, a empresa poderia verificar qual produto é mais vantajoso produzir: suco de uva orgânico, suco convencional, vinhos, espumantes ou outro produto. Também seria possível observar quanto se poderia produzir de cada item, quais são as limitações, onde estaria o gargalo de produção, quais são efetivamente os estoques. Um exemplo a ser implementado poderia ser a partir das observações constantes no Quadro 1, neste caso, fictícias:

Quadro 1 – Quadro com informações fictícias para idear um modelo matemático de programação linear.

Produto	Suco de uva orgânico (litro)	Suco de uva convencional (litro)	Vinho tipo A (litro)	Vinho tipo B (litro)	Espumante tipo A (litro)	Disponibilidade no mercado
Lucro por litro ²	2,00	1,50	3,00	4,00	3,50	-
Matéria-prima (Kg de uva)	1,7	1,7	1,5	1,5	2,5	280
Tempo de	5	5	10	10	15	1440

² Este lucro deveria ser entendido como sendo o preço de venda decrescido do custo de produção (custos fixos e variáveis).

produção (em minutos)						
Demanda mínima por produto	5	20	10	20	30	

Fonte: Autor do artigo (2014)

A partir desses, dados o modelo matemática de programação linear seria:

Maximizar Lucro: $2s_o+1.5s_c+3v_a+4v_b+3.5e$

Sujeito a:

$1.7s_o+1.7s_c+1.5v_a+1.5v_b+2.5e \leq 280$

$5s_o+5s_c+10v_a+10v_b+15e \leq 1440$

$s_o \geq 5$

$s_c \geq 20$

$v_a \geq 10$

$v_b \geq 20$

$e \geq 30$

Este exemplo de modelo, ao ser solucionado no *software LINDO*³, ilustra, por exemplo, que o lucro máximo a ser obtido seria de R\$ 481,00, devendo ser produzidos: 6 litros de suco de uva orgânico, 20 litros de suco de uva convencional, 10 litros de vinho do tipo A, 76 litros de vinho tipo B e 30 litros de espumante. Haveria uma sobra de 31,8 Kg de uvas, o tempo seria o gargalo de produção e seriam produzidos 56 litros de vinho do tipo B a mais do que a demanda mínima. Isso demonstra, neste exemplo, que o vinho do tipo B é o produto mais lucrativo. Este tipo de informação é fundamental a gestão da empresa ter ciência, caso se deseje a contribuição do *marketing* no incremento das vendas deste produto.

Além dessa vantagem, segundo Lachtermacher (2009, p. 5), quando o tomador de decisões utilizar modelos matemáticos, poderá encontrar outras vantagens:

- Os modelos forçam os decisores a tornarem explícitos seus objetivos;
- Os modelos forçam a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos;
- Os modelos forçam a identificação e o armazenamento dos relacionamentos entre as decisões;

³*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*

- Os modelos forçam a identificação de variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis;
- Os modelos forçam o reconhecimento das limitações;
- Os modelos permitem a comunicação de suas ideias e seu entendimento para facilitar o trabalho de grupo. (LACHTERMACHER, 2009, p.5).

Sugere-se, portanto, à empresa a busca dos dados como os mencionados no exemplo fictício para a efetiva utilização de modelos matemáticos relacionados à pesquisa operacional. Cabe salientar que, ao serem entrevistados, os funcionários da cooperativa manifestaram interesse em conhecer as técnicas de pesquisa operacional, bem como o funcionamento do *software* LINDO. Para Rehfeldt (2009, p. 72), o “LINDO é um *software* específico para a resolução de problemas de programação linear”, indicado por Prado (1999) e Caixeta Filho (2004).

Considerações finais

A cooperativa tem uma história de oito décadas marcada por dificuldades e desafios superados, conforme mencionado no *site* da instituição:

Oito décadas depois, o legado dos fundadores da Cooperativa está fortalecido. Nem os sobressaltos da história apagam os desafios superados. Estes serviram para construir uma fortaleza de resistência e conhecer quem realmente acredita nos ideais associativistas, acima de qualquer outro valor material (GARIBALDI, texto digital).

Também anuncia que exercita os três pilares estratégicos das práticas sustentáveis: 1) ecologicamente sustentáveis, 2) socialmente justos e 3) economicamente viável, investindo em tecnologia e capacitação, ampliando o *marketshare* em itens foco de atuação de mercado e recebendo prêmios no Brasil e no mundo pelo reconhecimento da qualidade de seus produtos (GARIBRALDI, texto digital).

Com base nas informações obtidas da instituição, pode-se inferir que esta se encontra em situação financeira favorável, tem uma marca consolidada e alguns indicativos de boa gestão e comunicação. No entanto, carece de informações detalhadas acerca dos custos, em especial, no processo de produção do suco de uva orgânico.

De acordo com Wagner (1986), Andrade (2000), Moreira (2007), Lachtermacher (2009) e Ragsdale (2009), a resolução de um problema de pesquisa operacional inicia com a identificação do problema, juntamente com mensuração das variáveis inter-relacionadas. Sendo assim, sugere-se que aspectos como os citados a seguir sejam observados para que se possa implementar ferramentas de pesquisa operacional na Vinícola Garibaldi: custo de produção dos produtos, incluindo o valor pago ao produtor, o custo da embalagem (se de

garrafa ou tipo Tetra Pak), do rótulo, do *marketing* para divulgar o produto, além dos custos fixos (luz, água, telefone, contabilidade, TI para poder calcular o respectivo lucro), o tempo de produção, a capacidade produtiva envolvendo número de funcionários em cada setor, demanda, espaço disponível para armazenamento por produto, sazonalidades nas vendas e na produção dos diversos produtos. Estas informações são fundamentais para que se possa idear modelos matemáticos com o intuito de auxiliar a cooperativa na tomada de decisões. Como já citado, a maioria dos profissionais, em especial, o gerente responsável pela produção que atua na instituição, tem o conhecimento empírico, passado de geração em geração. Por um lado, isso mostra a tradição da cooperativa, sua força e motivação com que os funcionários atuam; por outro, ilustra a necessidade de descrever os processos de produção de suco de uva orgânico com seus respectivos tempos e demandas, conforme narrativas dos próprios funcionários.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- ARENALES, Marcos et. al. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRITTO, Carlos Melo. Issue-based nets: a methodological approach to the sampling issue in industrial networks research. **Qualitative Market Research: an international journal**. v. 2, n. 2, p. 92-102, 1999.
- CAIXETA FILHO, José Vicente. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1993. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_matem%C3%A1tica_da_administra%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 30 nov. 2014.
- ELO, Maria. **SME internationalization from a network perspective: empirical study on a Finnish-Greek business network**. Abo: Abo Akademi University Press, 2005.
- GARIBALDI COOPERATIVA VINÍCOLA. Disponível em: <<http://www.vinicolagaribaldi.com.br/pt/a-cooperativa/>>. Acesso em: 09 jan. 2014.
- GOLDBARG, Marco César. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio Janeiro: Campus, 2007.

_____. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio Janeiro: Campus, 2009.

LOESCH, Cláudio; HEIN, Nelson. **Pesquisa operacional: fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 1999.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PRADO, Darci. **Programação linear**. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

RAGSDALE, Cliff T. **Modelagem e análise de decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

REHFELDT, Márcia Jussara Hepp et al. O estudo de situações-problema para o ensino de ciências exatas e a modelagem matemática. **Anais da VIII Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2013**.

REHFELDT, Márcia Jussara Hepp. **A aplicação de modelos matemáticos em situações problema-empresariais com o uso do software LINDO**, 2009. 299 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, Ermes Medeiros et al. **Pesquisa Operacional: programação linear, simulação**. São Paulo: Atlas, 1998.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

WAGNER, Harvey. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: PHB, 1986.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.