



XXXI Congresso Brasileiro de Custos
20, 21 e 22 de novembro de 2024
- São Paulo / SP -



Uso combinado do Solver e do método de custeio UEP para otimizar a lucratividade fabril: estudo de caso

Rodney Wernke (Sem vínculo) - rodneywernke1@hotmail.com

Mara Juliana Ferrari (UNIDAVI) - mara@rossa.com.br

Resumo:

O objetivo deste estudo foi evidenciar a utilização do suplemento Solver (Excel) para projetar a quantidade a produzir para otimizar o resultado mensal no contexto de uma fábrica de implementos agrícolas, considerando a restrição de capacidade de produção de UEPs por mês. A metodologia utilizada pode ser classificada como descritiva, com abordagem qualitativa e no formato de um estudo de caso. Na revisão da literatura foram abordados conceitos inerentes à Programação Linear, ao Solver e ao método UEP. Posteriormente foram elencados os dados necessários à aplicação do Solver para resolver a questão de estudo e os resultados decorrentes. Na parte final são apresentadas as conclusões oriundas quanto à constatação de que a combinação do Solver com o Método UEP é pertinente para identificar o mix a produzir/vender que otimizaria o resultado da empresa pesquisada, facilitando simulações e a programação da produção nesse sentido. A partir disso, a pesquisa contribui no sentido de apresentar uma inédita aplicação prática conjunta do Solver e do Método UEP.

Palavras-chave: Método UEP. Solver (Excel). Otimização de resultado.

Área temática: Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos

Uso combinado do Solver e do método de custeio UEP para otimizar a lucratividade fabril: estudo de caso

RESUMO

O objetivo deste estudo foi evidenciar a utilização do suplemento Solver (Excel) para projetar a quantidade a produzir para otimizar o resultado mensal no contexto de uma fábrica de implementos agrícolas, considerando a restrição de capacidade de produção de UEPs por mês. A metodologia utilizada pode ser classificada como descritiva, com abordagem qualitativa e no formato de um estudo de caso. Na revisão da literatura foram abordados conceitos inerentes à Programação Linear, ao Solver e ao método UEP. Posteriormente foram elencados os dados necessários à aplicação do Solver para resolver a questão de estudo e os resultados decorrentes. Na parte final são apresentadas as conclusões oriundas quanto à constatação de que a combinação do Solver com o Método UEP é pertinente para identificar o mix a produzir/vender que otimizaria o resultado da empresa pesquisada, facilitando simulações e a programação da produção nesse sentido. A partir disso, a pesquisa contribui no sentido de apresentar uma inédita aplicação prática conjunta do Solver e do Método UEP.

Palavras-chave: Método UEP. Solver (Excel). Otimização de resultado.

Área Temática: 3. Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos

1 INTRODUÇÃO

O cálculo do custo de transformação unitário tende a ser relevante na análise de lucratividade dos produtos de empresas industriais, o que pode ser alcançado por meio dos métodos de custeio. Entre as opções disponíveis na literatura (Absorção, *Activity-based Costing* - ABC, *Time-driven Activity-based Costing* – TDABC, entre outros) está o custeamento pelo método das Unidades de Esforço de Produção (UEP), que se caracteriza por unificar a produção da fábrica em uma só medida abstrata (Pereira, 2015; Nepomuceno, Nunes, & Rodrigues, 2024).

Entre os benefícios associados ao UEP está a possibilidade de mensurar as capacidades instaladas, utilizadas e ociosas dos postos operativos (Valentim, 2018; Zanin, Magro, Levant, & Afonso, 2022; Wernke, & Vallim, 2023). Apesar de ser comum a existência de ociosidade fabril, aos gestores cabe avaliar alternativas para aproveitar melhor os recursos industriais disponibilizados (equipamentos, funcionários, prédios etc.) com o intuito de aprimorar o potencial de geração de lucros da companhia (Hoose, & Kripka, 2023; Klann, Cunha, Silva, & Scarpin, 2010). Para essa finalidade, um dos instrumentos teóricos aplicáveis é a “programação linear”, que tem a capacidade de oferecer soluções práticas para desafios operacionais complexos, orientando a maximização das margens de contribuição dos produtos num contexto com restrições de capacidade a serem observadas (Gassen, Gracioli, Chiwiacowsky, & Mesquita 2019). Nesse sentido, o suplemento Solver (do Microsoft Excel) pode ser útil para cogitar hipóteses a respeito de como maximizar os resultados de um contexto fabril (Bruni e Paixão, 2008).

Contudo, pesquisas associando o método UEP à programação linear (e/ou especificamente ao Solver) são incipientes, o que pode gerar dúvidas acerca da viabilidade dessa utilização concomitante e constituir uma lacuna de pesquisa a ser explorada. Nesse contexto surge a seguinte questão de pesquisa: como utilizar o suplemento Solver (Excel) na projeção das quantidades a produzir para otimização do

resultado oriundo do mix de produtos, se considerada a restrição de capacidade instalada de UEPs por mês em cada posto operativo? Para essa finalidade foi estabelecido o objetivo de demonstrar a utilização do suplemento Solver (Excel) para projetar a quantidade de produção ideal para otimização do resultado do mix de produtos no contexto de existência de restrição de capacidade instalada de UEPs por mês numa fábrica de implementos agrícolas.

Estudos com esse tipo de foco podem ser justificados por, ao menos, dois ângulos. O primeiro se refere à inexistência de publicações sobre o método UEP associado à ferramenta Solver do Excel num contexto fabril real, o que se coaduna com o raciocínio de Baldvinsdottir, Mitchell e Norreklit (2010) e Lukka (2010) quando defendem mais pesquisas acadêmicas que evidenciem como as empresas podem utilizar os artefatos na prática administrativa cotidiana. O segundo motivo se relaciona com pequeno número de publicações sobre o método UEP nos periódicos científicos voltados aos temas contábeis. Nesse sentido, Pereira (2015) comenta que a literatura acadêmica brasileira da seara contábil não destina muito espaço ao método UEP, mesmo que esteja em uso em diversas empresas industriais, de vários portes e segmentos de atuação. Acerca disso, Oyadomari, Cardoso, Mendonça, Antunes e Aguiar (2013) argumentam que a contabilidade gerencial também pode ser estudada academicamente do ponto de vista das aplicações práticas numa entidade específica porque as organizações podem estar em diferentes patamares de utilização das técnicas de gestão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A concepção inicial do método de custeio das Unidades de Esforço de Produção (UEP) foi de Georges Perrin, de acordo com minucioso histórico a respeito do desenvolvimento dessa ferramenta gerencial realizado por Kamp (2023). Essa metodologia de custeamento pode ser caracterizada principalmente por realizar a conversão do mix de itens elaborados num período para uma só unidade de medida abstrata denominada UEP (Silva, & Corrêa, 2021; Lacerda, Schultz, & Walter, 2017). Ao converter os produtos em equivalentes em UEPs, surge a possibilidade de medir o volume fabricado num mês e compará-lo com outro(s) período(s), mesmo que o conjunto de itens elaborados tenha características díspares (formato, pesos, modelos etc.) a cada mês (Nepumoceno, Nunes, & Rodrigues, 2024; Valentim, 2018).

A implementação do método UEP pode ser concretizada pelos seguintes passos: (i) segregar as etapas de industrialização em postos operativos (POs); (ii) calcular o valor monetário do custo por hora trabalhada em cada posto operativo (considerando folha de pagamentos, energia, gastos com manutenção fabril, depreciação dos equipamentos, aluguel ou depreciação predial etc.); (iii) levantamento do tempo de passagem (em horas) dos produtos nos postos operativos que percorrem para serem manufaturados; (iv) escolher um “produto-base” que será utilizado como parâmetro para conversão dos demais produtos em seus equivalentes de produção respectivos; (v) cálculo do valor monetário do custo do produto-base (ou foto-custo do produto-base); (vi) mensuração do potencial produtivo dos postos operativos em termos de UEPs possíveis de produzir por hora em cada posto operativo; (vii) conversão dos produtos em equivalentes em UEPs pela multiplicação do tempo de passagem dos produtos nos POs pelos potenciais produtivos respectivos; (viii) determinação do volume de UEPs produzidos no período, com a multiplicação da quantidade física fabricada dos produtos pelos respectivos equivalentes em UEPs; (ix) calcular o valor monetário da UEP do período, o que se faz com a divisão do custo mensal total (R\$) dos postos operativos pela quantidade

de UEPs produzidas no período abrangido; (x) encontrar o valor monetário relativo ao custo de transformação unitário de cada produto, multiplicando-se o equivalente em UEP respectivo pelo valor (em R\$) representativo da UEP no período (Wernke, Santos, Junges, & Scheren, 2018; Pereira, 2015).

A utilização do método UEP pode trazer informações gerenciais relevantes (Nepumoceno, Nunes, & Rodrigues, 2024; Birchler, Silva, & Nascimento, 2022; Zanin, Magro, Levant, & Afonso, 2022), mas também são associadas algumas limitações a respeito dessa forma de custeamento (Nepumoceno, Nunes, & Rodrigues, 2024; Wernke, & Vallim, 2023).

2.1. Programação linear e o suplemento Solver (Excel)

Hoose e Kripka (2023) asseveram que a Programação Linear surgiu nos anos 1950, ocasião em que a palavra “programação”, no contexto militar, se referia a cronogramas de treinamento e logística de fornecimento; enquanto o termo “linear” aduzia a planos viáveis cujos custos poderiam ser mensuráveis, mas que possuíam restrições associadas. A expressão “programação linear” pode ser conceituada como uma técnica matemática para maximizar (ou minimizar) uma função linear (representada pela “função objetivo”) relacionada com as restrições elencadas numa modelagem matemática para observar os fatores que limitam a capacidade de um sistema de produção (Belfiore, & Fávero, 2021). Para tanto, de acordo com Santos e Vallim (2021), as etapas para realizar uma programação linear são: (i) definição das restrições a considerar para atingir as possibilidades projetadas; (ii) determinação dos valores das variáveis decisórias de modo que as retas das restrições sejam transpassadas mutuamente e (iii) fixação dos valores da “função objetivo” por meio dos dados associados ao contexto do problema para que a maximização dos resultados (ou a minimização dos custos) seja obtida.

Entre as ferramentas que podem ser empregadas para tal finalidade se encontra o Solver, que é um suplemento do Microsoft Excel a ser utilizado para testar hipóteses que envolvam, por exemplo, a determinação de um valor ideal (máximo ou mínimo) para uma fórmula situada em determinada célula, considerando as restrições ou limites existentes sobre os valores de outras células com fórmulas em uma planilha. Ou seja, o Solver trabalha com um grupo de células (chamadas “variáveis de decisão”) usadas no cálculo das fórmulas nas células de “objetivo” e de “restrições”. Com isso, o Solver ajusta os valores nas células das variáveis de decisão para satisfazer aos limites determinados nas células de “restrição”, de modo a produzir o resultado pretendido para a célula “objetivo” (Microsoft, 2024). Nesse rumo, Bruni e Paixão (2008, p. 201) aduzem que por meio do uso dessa ferramenta “é possível resolver diferentes problemas algébricos, relacionados à maximização ou minimização de uma determinada função, delimitada por um conjunto de restrições”.

2.2. Pesquisas anteriores assemelhadas

Quanto aos estudos anteriores que associam os procedimentos da programação linear (e/ou o Solver) ao método de custeio UEP, pesquisas nas bases de dados do Portal de Periódicos Capes e de eventos mais estreitamente ligados à área de custos/produção (Congresso Brasileiro de Custos e ENEGEP) resultaram em somente duas publicações assemelhadas.

Oenning e Rocha Neto (2006) utilizaram um exemplo numérico fictício para relatar a aplicação do Solver para otimizar o mix de produção por dois ângulos: (i) margem de contribuição de cada produto em cada recurso produtivo (considerando somente os custos variáveis por unidade, sem alocação de custos fixos aos produtos)

e (ii) lucro bruto dos produtos (com distribuição dos custos fixos aos itens fabricados pelo método UEP). Concluíram que nos dois casos o mix a ser priorizado seria o mesmo. Contudo, não abordaram aspectos relacionados às capacidades instaladas, utilizadas e ociosas de produção no caso fictício apresentado.

Souza e Borgert (2014) discutiram sobre o uso do Solver no âmbito de uma prestadora de serviços de telecomunicações, que utiliza uma unidade de medida de produção denominada “Unidade de Rede (UR)”, assemelhada à concepção do método UEP. Tal estudo objetivou comparar os resultados oriundos da aplicação do *Time-driven Activity-based Costing* (TDABC) com a UR utilizada pela empresa e concluiu que as análises estatísticas por meio do Solver resultaram em melhoria na distribuição inicial, fornecendo valores mais acurados que auxiliam na atribuição dos equivalentes de produção (especialmente nas equipes que possuem formação padrão, por representarem menor variabilidade da produção).

Como exposto, não foram encontradas publicações com a abordagem assemelhada ao pretendido neste estudo, o que pode ser considerado uma pequena lacuna de pesquisa a ser explorada.

3 METODOLOGIA UTILIZADA

Do ponto de vista metodológico esta pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa, descritiva e no formato de estudo de caso. No que concerne ao procedimento utilizado, se classifica como estudo de caso por se ater a um só objeto de estudo (fábrica de implementos agrícolas), o que se coaduna com a definição a respeito de Yin (2015). Quanto à forma de abordagem do problema pode ser classificada como qualitativa, visto que é um estudo que discorre sobre a complexidade de determinado problema, analisa a interação de certas variáveis, compreende e classifica processos vividos por grupos sociais (Richardson, 2017). Pelo ângulo dos objetivos é coerente considerá-la como descritiva, uma vez que Gil (2019) salienta que esta modalidade diz respeito às pesquisas que descrevem as peculiaridades de um determinado fenômeno (ou população) ou que pretendem estabelecer vínculos entre as variáveis associadas ao contexto priorizado.

No que tange ao objeto de estudo, esta pesquisa abrangeu uma indústria de implementos agrícolas de Tubarão (SC), cuja identificação foi omitida a pedido dos gestores. No que tange ao período abrangido, os dados se referem ao mês de novembro/23, ocasião em que a empresa contava com pouco mais de 110 funcionários. A opção por utilizar essa indústria ocorreu principalmente pela facilidade de acesso aos dados necessários (disponibilizados pelo administrador), combinado com o fato de que a gerência já utilizava o método UEP para apurar os custos de transformação. Quanto às ações realizadas para coleta de dados, nesta pesquisa foram utilizadas entrevistas não estruturadas (conversas informais) com o gerente industrial, com os líderes dos setores de produção e com o responsável pela contabilidade. Na sequência foi efetuada uma análise documental para conhecer a realidade vigente à época, especialmente quanto aos dados necessários à pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na planilha de custos pelo método UEP que a empresa utilizava, inicialmente foram levantados os valores dos custos fabris mensais dos postos operativos (que totalizaram R\$ 605.064,09) e os respectivos custos por hora de trabalho (Calandra R\$ 6,24; Guilhotina R\$ 9,53; Plasma R\$ 402,79; S.Fita. Ang. R\$ 48,12; Furad. Banc. R\$ 19,75; Torno Conv. R\$ 36,68; Montag./Solda R\$ 1.236,21; Cab. J./Pint. R\$ 462,31 e Acab./Insp. R\$ 1.052,53), considerando expediente de 184 horas por mês. Na

sequência foram coligidos dados sobre os três produtos integrantes do mix fabricado e comercializado no período-base do estudo, como o tempo de passagem dos produtos nos postos operativos e dados relacionados com o faturamento mensal (volume vendido, preço de venda unitário, custo de matérias-primas por unidade, tributação incidente sobre vendas e comissão dos vendedores), cujos dados foram omitidos por restrição de espaço.

Além disso, com a utilização do método UEP no contexto desta fábrica puderam ser obtidas as informações e os resultados sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Síntese da aplicação do método UEP

| Itens | Foto-índice do prod.-base (R\$) | Potencial produt. (UEP/h) | Equiv. UEP | Equiv. UEP | Equiv. UEP | Total |
|--|---------------------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | 66-CAÇ. | 11-GRAN. | 15-TANQ. | |
| a) Calandra | 0,561304 | 0,001466 | 0,000132 | 0,000183 | 0,000122 | - |
| b) Guilhotina | 1,906969 | 0,002241 | 0,000448 | 0,000640 | 0,000299 | - |
| c) Plasma | 1.027,106985 | 0,094671 | 0,241411 | 0,170408 | 0,388150 | - |
| d) S.Fita. Ang. | 72,178026 | 0,011310 | 0,016965 | 0,016965 | 0,016965 | - |
| e) Furad.Banc. | 21,724208 | 0,004642 | 0,005106 | 0,005802 | 0,003868 | - |
| f) Torno Conv. | 78,856052 | 0,008621 | 0,018534 | 0,021551 | 0,010776 | - |
| g) Mont./Solda | 845,829872 | 0,290559 | 0,198803 | 0,181425 | 0,161284 | - |
| h) Cab. J./Pint. | 1.017,084918 | 0,108661 | 0,239055 | 0,362205 | 0,181102 | - |
| i) Acab./Insp. | 1.189,356966 | 0,247386 | 0,279546 | 0,519510 | 0,190297 | - |
| j) Total | 4.254,605301 | 0,769556 | 1,000000 | 1,278689 | 0,952863 | - |
| k) Produção física do mês (em unidades) | | | 32 | 25 | 12 | 69 |
| l) Produção do mês em UEPs | | | 32,000000 | 31,967221 | 11,434352 | 75,401573 |
| m) Valor da UEP (R\$) no mês | | | | | | 8.024,56 |
| n) Custo unit. de transformação dos produtos R\$ | | | 8.024,56 | 10.260,91 | 7.646,30 | - |
| o) Custo total de transformação dos produtos R\$ | | | 256.785,77 | 256.522,73 | 91.755,59 | 605.064,09 |

Fonte: elaborada pelos autores.

No que tange às linhas “a” até “j” da Tabela 1, na coluna “Foto-índice do produto-base (R\$)”, estão listados os índices apurados pela multiplicação (em cada posto operativo) dos valores do (i) tempo de passagem do produto-base (no caso, o item “66-CAÇ.”) pelo (ii) custo por hora (em R\$). A soma desses índices resultou em 4.254,605301 (linha “j” da Tabela 1) e este valor foi utilizado na fase de determinação dos potenciais produtivos em termos de UEPs por hora dos postos operativos. Nesse sentido, o potencial produtivo é calculado pela divisão do (i) “Custo por hora (R\$)” de cada posto operativo pelo (ii) “Foto-índice do produto-base (R\$). Por exemplo: no caso da “Calandra”, o custo por hora era de R\$ 6,24(...), que dividido por R\$ 4.254,605301 (foto-índice) indica que o potencial produtivo deste posto operativo é 0,001466 UEP por hora (conforme consta na terceira coluna da Tabela 1).

As três colunas seguintes retratam os valores equivalentes em UEPs apurados para cada um dos produtos abrangidos, especificados pelos setores que percorrem para serem fabricados. Convém esclarecer que o índice respectivo dos postos operativos por produto é determinado, basicamente, pelo consumo de UEPs por unidade produzida em cada etapa de industrialização. Portanto, no caso produto “66-CAÇ.”, este demora 1,13 hora na fase de “Acab./Insp.”, cujo potencial produtivo é de 0,247386 UEP por hora. Assim, o referido item consome 0,2795467 UEP no âmbito do acabamento/inspeção. Ao proceder à mesma rotina de cálculo para os demais setores e produtos, se constatou que o item “66-CAÇ.” equivale a 1,0000 UEP, enquanto os outros dois totalizaram 1,278689 UEP (“11-GRAN.”) e 0,952863 UEP (“15-TANQ.”), conforme consta da linha “j”, nas colunas 4, 5 e 6 da Tabela 1).

Como a quantidade física produzida (linha “k”) foi igual ao volume vendido (69 unidades), bastou multiplicar tais quantidades de cada produto pelos equivalentes em

UEPs respectivos para definir quantas UEPs foram elaboradas no período em foco. Assim, se chegou ao montante de 75,401573 UEPs produzidas no mês (32,000000 + 31,967221 + 11,434352). Sabendo-se que o custo fabril total foi de R\$ 605.064,09 e foram produzidas 75,401573 UEPs, o valor de cada UEP no período da pesquisa foi de R\$ 8.024,56. Então, para calcular o custo unitário de transformação foi necessário apenas multiplicar o valor equivalente em UEPs por R\$ 8.024,56 (valor da UEP no mês) para chegar ao custo de cada item (R\$ 8.024,56 para “66-CAÇ.”, R\$ 10.260,91 para “11-GRAN.” e R\$ 7.646,30 para o “15-TANQ.”, conforme linha “n” da Tabela 1).

Ainda, para finalizar a alocação dos custos aos produtos é pertinente multiplicar o custo de transformação unitário pelos volumes produzidos/vendidos, chegando-se aos valores elencados na linha “o” da Tabela 1 (R\$ 256.785,77, R\$ 256.522,73 e R\$ 91.755,59) para os três produtos, totalizando os R\$ 605.064,09 que a estrutura fabril despendeu no período.

4.1. Análise da lucratividade dos produtos

Ao conhecer o custo de transformação inerente a cada um dos produtos fabricados, conforme possibilitado pelo método UEP, os gestores da indústria em tela passaram a dispor de informes mais consistentes a respeito, principalmente se comparado com o procedimento até então vigente (que somava todos os custos indiretos e dividia pelos pelo número de unidades fabricadas para calcular o custo de transformação unitário dos itens).

Nessa direção, o primeiro resultado importante se refere ao conhecimento do valor do “custo unitário de cada produto”, abrangendo o custo do consumo de matérias-primas e o custo de transformação. Como já estava disponível o custo relacionado ao consumo de matérias-primas por produto (por meio de fichas técnicas sobre os insumos utilizados) e passou-se a conhecer o custo de transformação (obtido pelo método UEP), foi possível calcular o custo unitário por unidade fabricada com a soma desses dois grupos de valores para cada produto.

Ou seja, como representado na Tabela 2, os dados disponíveis nos controles internos facultaram o cálculo da margem de contribuição “fabril” dos itens, tanto em valor monetário (R\$), quanto na forma percentual (%).

Tabela 2 - Lucratividade dos produtos (unitária e total)

| Itens/Produtos | 66-CAÇ. | | 11-GRAN. | | 15-TANQ. | |
|--|----------------|--------|--------------|--------|------------|--------|
| a) MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA (R\$ e %) | | | | | | |
| (+) Preço de venda R\$ | 41.255,20 | 100% | 40.901,20 | 100% | 44.503,60 | 100% |
| (--) Custo de matérias-primas R\$ | 25.033,66 | 60,68% | 22.197,08 | 54,27% | 28.762,68 | 64,63% |
| (--) Tributos sobre vendas R\$ | 2.887,86 | 7,00% | 2.863,08 | 7,00% | 3.115,25 | 7,00% |
| (--) Comissões sobre vendas R\$ | 206,28 | 0,50% | 204,51 | 0,50% | 222,52 | 0,50% |
| (=) Margem de contribuição tradicional R\$ | 13.127,40 | 31,82% | 15.636,53 | 38,23% | 12.403,15 | 27,87% |
| (--) Custo fabril pelo método UEP R\$ | 8.024,56 | 19,45% | 10.260,91 | 25,09% | 7.646,30 | 17,18% |
| (=) Margem de contribuição fabril R\$ | 5.102,85 | 12,37% | 5.375,62 | 13,14% | 4.756,85 | 10,69% |
| b) QUANTIDADES VENDIDAS | 32 | | 25 | | 12 | |
| c = a X b) MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL (R\$ e %) | | | | | | |
| (+) Venda total R\$ | 1.320.166,40 | 45,89% | 1.022.530,00 | 35,54% | 534.043,20 | 18,56% |
| (=) Margem de contribuição tradicional R\$ | 420.076,95 | 43,77% | 390.913,22 | 40,73% | 148.837,84 | 15,51% |
| (--) Custo fabril pelo método UEP R\$ | 256.785,77 | 42,44% | 256.522,73 | 42,40% | 91.755,59 | 15,16% |
| (=) Margem de contribuição fabril R\$ | 163.291,18 | 46,03% | 134.390,49 | 37,88% | 57.082,25 | 16,09% |
| (=) Margem de contribuição fabril total do mês | R\$ 354.763,92 | | | | | |

Fonte: elaborada pelos autores.

Na avaliação da lucratividade dos produtos foi utilizado o conceito de “Margem de Contribuição Fabril”, como exposto na Tabela 2. Acerca disso cabe salientar que tal procedimento diverge da literatura contábil mais difundida, onde se costuma considerar que a margem de contribuição não deve conter os valores do custo unitário de fabricação (por este conter custos classificáveis como “fixos”). Mas, se os custos de transformação têm valores monetários significativos e o consumo dos recursos do processo fabril é distinto de um produto para outro, analisar a lucratividade dos itens sem esses dispêndios pode mitigar a qualidade das informações a respeito. Em decorrência disso, se optou por aplicar o conceito de “margem de contribuição fabril” para mensurar a lucratividade unitária conseguida pelos integrantes do mix produzido (especialmente por serem relevantes no contexto da empresa pesquisada), o que está alinhado ao defendido por Anthony e Govindarajan (2002).

Depois de mensurada a “margem de contribuição fabril unitária” de cada produto foi possível calcular a respectiva “Margem de Contribuição Fabril Total” do período. Nesse caso, foi necessário somente multiplicar as quantidades vendidas pelas respectivas margens de contribuição fabris unitárias (R\$) para chegar à margem de contribuição fabril total (R\$) dos três produtos. Ou seja, R\$ 163.291,18 (46,03% do total) com o produto “66-CAÇ.”, R\$ 134.390,49 (participação de 37,88%) com o item “11-GRAN.” e R\$ 57.082,25 com o “15-TANQ.” (16,09% do total), cuja soma proporcionou o resultado mensal bruto de R\$ 354.763,92 (equivalente a 12,33% das vendas, que totalizaram R\$ 2.876.739,60 no período abrangido).

4.2. Capacidade instalada, utilizada e ociosa dos postos operativos

Outro aspecto importante que o método UEP permite conhecer são os níveis das capacidades disponíveis, utilizadas e ociosas em cada posto operativo. Nesse rumo, na Tabela 3 está demonstrado o cálculo da capacidade utilizada no mês, mensurado pelo volume de UEPs produzidas com o total de 69 (sessenta e nove) unidades dos três produtos concluídos no período.

Tabela 3 - Capacidade utilizada (em UEPs) dos postos operativos - CENÁRIO ATUAL

| Itens/Produtos | 66-CAÇ. | 11-GRAN. | 15-TANQ. | TOTAL |
|--|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| a) Venda (unid./mês) | 32 | 25 | 12 | 69 |
| b) Equivalente em UEP | 1,0000000 | 1,2786888 | 0,9528627 | - |
| Calandra | 0,0001319 | 0,0001832 | 0,0001222 | - |
| Guilhotina | 0,0004482 | 0,0006403 | 0,0002988 | - |
| Plasma | 0,2414106 | 0,1704075 | 0,3881504 | - |
| S.Fita. Ang. | 0,0169647 | 0,0169647 | 0,0169647 | - |
| Furad.Banc. | 0,0051060 | 0,0058023 | 0,0038682 | - |
| Torno Conv. | 0,0185343 | 0,0215515 | 0,0107757 | - |
| Montag./Solda | 0,1988034 | 0,1814248 | 0,1612837 | - |
| Cab. J./Pint. | 0,2390551 | 0,3622046 | 0,1811023 | - |
| Acab./Insp. | 0,2795458 | 0,5195099 | 0,1902967 | - |
| c = a X b) Volume total de UEPs produzidas no período (capacidade utilizada) | | | | |
| Calandra | 0,0042217 | 0,0045809 | 0,0014659 | 0,0102684 |
| Guilhotina | 0,0143428 | 0,0160076 | 0,0035857 | 0,0339361 |
| Plasma | 7,7251405 | 4,2601878 | 4,6578053 | 16,6431335 |
| S.Fita. Ang. | 0,5428698 | 0,4241171 | 0,2035762 | 1,1705631 |
| Furad.Banc. | 0,1633935 | 0,1450581 | 0,0464186 | 0,3548702 |
| Torno Conv. | 0,5930970 | 0,5387873 | 0,1293089 | 1,2611932 |
| Montag./Solda | 6,3617078 | 4,5356196 | 1,9354043 | 12,8327318 |
| Cab. J./Pint. | 7,6497619 | 9,0551158 | 2,1732278 | 18,8781055 |
| Acab./Insp. | 8,9454650 | 12,9877465 | 2,2835598 | 24,2167714 |

Fonte: elaborada pelos autores.

Ou seja, ao multiplicar as quantidades produzidas/vendidas no mês de cada produto pelos respectivos índices equivalentes em UEPs nos postos operativos, se pode calcular o montante de UEPs utilizadas com o volume fabricado. No caso do produto “66-CAÇ.”, as 32 unidades foram multiplicadas pelo equivalente unitário de 0,2390551 UEPs no setor “Cab. J./Pint.”, o que indica a utilização de 7,6497619 UEPs no período. Ao acumular com o consumo de capacidade dos outros dois produtos nesse posto operativo, tem-se que foram utilizadas 18,8781055 UEPs no mês, no caso do setor “Cab. J./Pint.”.

A partir da mensuração da capacidade utilizada dos postos operativos é possível comparar com a capacidade instalada (disponível) para apuração da capacidade ociosa, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparativo das capacidades instaladas, utilizadas e ociosas - CENÁRIO ATUAL

| Postos Operativos | a) Capac. Instalada (UEPs/mês) | b) Capac. Utilizada (UEPs/mês) | c=a-b) Capac. Ociosa (UEPs/mês) | d=c/a) Capac. Ociosa (%) |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Calandra | 0,2708935 | 0,0102684 | 0,2606251 | 96,21% |
| Guilhotina | 0,4141488 | 0,0339361 | 0,3802127 | 91,81% |
| Plasma | 17,4951710 | 16,6431335 | 0,8520376 | 4,87% |
| S.Fita. Ang. | 2,0900488 | 1,1705631 | 0,9194858 | 43,99% |
| Furad.Banc. | 0,8578156 | 0,3548702 | 0,5029455 | 58,63% |
| Torno Conv. | 1,5930861 | 1,2611932 | 0,3318929 | 20,83% |
| Montag./Solda | 53,6952610 | 12,8327318 | 40,8625292 | 76,10% |
| Cab. J./Pint. | 20,0806249 | 18,8781055 | 1,2025194 | 5,99% |
| Acab./Insp. | 45,7168677 | 24,2167714 | 21,5000964 | 47,03% |
| Total | 142,2139175 | 75,4015731 | 66,8123444 | 46,98% |

Fonte: elaborada pelos autores.

O patamar de capacidade instalada (em termos de UEPs por mês) pode ser apurado pela multiplicação do “Potencial Produtivo (em UEPs) por Hora” pelo número de horas do expediente mensal (ou seja, 184,80 horas/mês). No caso do “Cab. J./Pint.”, a capacidade disponível era de 20,0806249 UEPs, sendo provenientes das 184,80 horas do expediente mensal multiplicadas pelo potencial produtivo de 0,108661 UEP por hora do posto operativo. Assim, ao descontar o volume de UEPs utilizadas/produzidas no mês (18,8781055 UEPs), se deduz que a ociosidade foi de 1,2025194 UEP no período. Tal nível de ociosidade representa 5,99% da capacidade instalada vigente à época do estudo, sendo que no âmbito dos demais postos operativos a ociosidade fabril oscilou entre 4,87% (“Plasma”) e 96,21% (“Calandra”). Ou seja, os setores “Plasma” e “Cab. J./Pint.” devem ser considerados os gargalos produtivos desta planta industrial por terem as menores ociosidades.

4.3. Aplicação do Solver (Excel) para projetar a maximização do resultado fabril

Na situação vigente, o resultado da empresa foi de R\$ R\$ 354.763,92 (equivalente a 12,33% das vendas), conforme demonstrado na Tabela 2, em seção anterior. Para maximizar a lucratividade do mix produzido é pertinente priorizar os itens mais rentáveis, mas considerando também o consumo dos recursos disponibilizados para a elaboração dos produtos. Nessa direção, como a capacidade instalada de produção é “finita”, no caso de volume de vendas superior à capacidade instalada é cabível escolher quais produtos fabricar primeiro com tal fator restritivo.

Essa seleção do mix de produção/vendas a ser priorizado pode ser realizada com o emprego da ferramenta Solver do aplicativo Excel, mediante a inserção dos dados referentes aos produtos abrangidos na simulação. No caso em tela, o

levantamento dos dados necessários para essa projeção envolveu os aspectos listados na Figura 1.

Figura 1 – Parametrização dos dados na ferramenta Solver (Excel)

| Item/Produtos | 66-CAC. | 11-GRAN. | 15-TANQ. | TOTAL |
|---|--------------|--------------|------------|--------------|
| (+) Preço de venda R\$ | 41.255,20 | 40.901,20 | 44.503,60 | - |
| (-) Custo de matérias-primas R\$ | 25.033,66 | 22.197,08 | 28.762,68 | - |
| (-) Tributos sobre vendas R\$ | 2.887,86 | 2.863,08 | 3.115,25 | - |
| (-) Comissões de vendas R\$ | 206,28 | 204,51 | 222,52 | - |
| (+) Margem de contrib. R\$ | 13.127,40 | 15.636,53 | 12.403,15 | - |
| (-) Custo fabril (metodo UEP) R\$ | 8.024,56 | 10.260,91 | 7.646,30 | - |
| Calandra | 1,06 | 1,47 | 0,98 | - |
| Guilhotina | 3,60 | 5,14 | 2,40 | - |
| Plasma | 1.937,21 | 1.367,44 | 3.114,73 | - |
| S.Fita. Ang. | 136,13 | 136,13 | 136,13 | - |
| Fund.Banc. | 40,97 | 46,56 | 31,04 | - |
| Torno Cont. | 148,73 | 172,94 | 86,47 | - |
| Montag./Solda | 1.595,31 | 1.455,85 | 1.294,23 | - |
| Cab. J.Pint. | 1.918,31 | 2.906,53 | 1.453,27 | - |
| Aeah.Insp. | 2.243,23 | 4.168,84 | 1.527,05 | - |
| (+) Margem de contrib. fabril R\$ | 5.102,85 | 5.375,62 | 4.756,85 | - |
| (X) Quantidade vendida/mês | 32 | 25 | 11 | 69 |
| (+) Vendas totais R\$ | 1.320.166,40 | 1.022.530,00 | 534.043,20 | 2.876.739,60 |
| (-) Custo de matérias-primas R\$ | 801.076,97 | 554.927,03 | 345.152,12 | 1.701.156,12 |
| (-) Tributos sobre vendas R\$ | 92.411,65 | 71.577,10 | 37.383,02 | 201.371,77 |
| (-) Comissões de vendas R\$ | 6.600,83 | 5.112,65 | 2.670,22 | 14.383,70 |
| (+) Margem de contrib. R\$ | 420.076,95 | 390.913,22 | 148.837,84 | 959.828,01 |
| (-) Custo fabril (metodo UEP) R\$ | 256.785,77 | 256.522,73 | 91.755,59 | 605.064,09 |
| Calandra | 33,88 | 36,76 | 11,76 | 82,40 |
| Guilhotina | 115,09 | 128,45 | 28,77 | 272,32 |
| Plasma | 61.990,82 | 34.186,11 | 37.376,82 | 133.553,74 |
| S.Fita. Ang. | 4.356,29 | 3.403,35 | 1.633,61 | 9.393,25 |
| Fund.Banc. | 1.311,16 | 1.164,03 | 372,49 | 2.847,68 |
| Torno Cont. | 4.759,34 | 4.323,53 | 1.037,65 | 10.120,51 |
| Montag./Solda | 51.049,88 | 36.396,33 | 15.530,76 | 102.976,96 |
| Cab. J.Pint. | 61.885,94 | 72.663,28 | 17.439,19 | 151.488,40 |
| Aeah.Insp. | 71.783,38 | 104.220,89 | 18.244,55 | 194.258,82 |
| (+) Margem de contrib. Fabril total R\$ | 163.291,18 | 134.390,49 | 57.082,25 | 354.763,92 |

Fonte: elaborada pelos autores.

Ou seja, inicialmente foram levantados os valores monetários inerentes aos fatores requeridos para calcular a margem de contribuição fabril unitária (preço de venda, custo do consumo de materiais-primas, tributação e comissões incidentes sobre a venda e custo de transformação). Na sequência, com base no volume mensal produzido/vendido no mês pesquisado, foram calculados os valores da margem de contribuição fabril total (R\$) dos produtos e o resultado operacional (R\$) da empresa. Além desses dados, também foram considerados na parametrização do Solver (Excel) os níveis das capacidades “utilizadas” e “instaladas” dos postos operativos, como consta das colunas “F” (em amarelo) e “G” (em preto) da Figura 1.

Foi definido como “Objetivo” a maximização da “Margem de contribuição fabril total (R\$)”, que ocupa a célula “E34” (destacado em vermelho). Para tanto, o volume a ser produzido deveria envolver as “Quantidades vendidas/mês” dos produtos, que estão nas células “B18”, “C18” e “D18” (vide células em azul) e foram parametrizadas na janela “Alterando Células Variáveis” do Solver. Contudo, a definição do mix ótimo, em termos de lucratividade, deve ser atrelado às restrições da capacidade instalada de produção dos postos operativos percorridos pelos produtos, cujos valores respectivos foram apurados anteriormente em termos de UEPs. Ou seja, a quantidade a produzir para otimizar o resultado de cada item deve gerar um consumo de UEPs no mês (ou capacidade utilizada) inferior ao potencial produtivo (ou capacidade instalada) dos postos operativos.

Assim, na janela “Sujeito às Restrições:” foram adicionados dois tipos de parâmetros. O primeiro indica que as quantidades a serem geradas como resultado (valores das células azuis) devem ser “números inteiros” (não se admitindo frações de produtos, por exemplo). O outro tipo de restrição cita que os volumes de produção de UEPs em cada posto operativo (células amarelas) não devem superar as capacidades instaladas respectivas (salientadas nas células pretas, coluna “G” da Figura 1). Após

acionar o comando “Resolver” se chegou ao panorama ilustrado na Tabela 5, onde o resultado operacional do conjunto dos três produtos foi otimizado.

Tabela 5 - Resultado no Cenário Otimizado

| Itens/Produtos | 66-CAÇ. | 11-GRAN. | 15-TANQ. | TOTAL |
|---|--------------|------------|-----------|--------------|
| (+) Preço de venda R\$ | 41.255,20 | 40.901,20 | 44.503,60 | - |
| (--) Custo de matérias-primas R\$ | 25.033,66 | 22.197,08 | 28.762,68 | - |
| (--) Tributos sobre vendas R\$ | 2.887,86 | 2.863,08 | 3.115,25 | - |
| (--) Comissões de vendas R\$ | 206,28 | 204,51 | 222,52 | - |
| (=) Margem de contrib. R\$ | 13.127,40 | 15.636,53 | 12.403,15 | - |
| (--) Custo fabril (método UEP) R\$ | 7.524,56 | 9.621,57 | 7.169,87 | - |
| (=) Margem de contrib. fabril unit. R\$ | 5.602,84 | 6.014,96 | 5.233,28 | - |
| (X) Quantidade vendida/mês | 59 | 16 | 1 | 76 |
| (+) Vendas totais R\$ | 2.434.056,80 | 654.419,20 | 44.503,60 | 3.132.979,60 |
| (--) Custo de matérias-primas R\$ | 1.476.985,67 | 355.153,30 | 28.762,68 | 1.860.901,64 |
| (--) Tributos sobre vendas R\$ | 170.383,98 | 45.809,34 | 3.115,25 | 219.308,57 |
| (--) Comissões de vendas R\$ | 12.170,28 | 3.272,10 | 222,52 | 15.664,90 |
| (=) Margem de contrib. R\$ | 774.516,87 | 250.184,46 | 12.403,15 | 1.037.104,49 |
| (--) Custo fabril (método UEP) R\$ | 443.949,07 | 153.945,14 | 7.169,87 | 605.064,09 |
| (=) Margem de contrib. fabril total R\$ | 330.567,80 | 96.239,32 | 5.233,28 | 432.040,40 |

Fonte: elaborada pelos autores.

Desse modo, o Solver indicou que os volumes a serem produzidos/vendidos para otimizar o resultado do período seriam de 59 unidades do produto “66-CAÇ.”, 16 itens do “11-GRAN.” e uma peça do “15-TANQ.”, totalizando 76 unidades.

O valor do custo fabril total alocado aos produtos permaneceu o mesmo (R\$ 605.064,09) pois o método UEP se caracteriza pela alocação dos custos totais ao montante de UEPs fabricados no período, de acordo com o grau de esforço de produção respectivo. Contudo, por alterar o valor total produzido de UEPs (que era de 75,401573 UEPs e passou para 80,411884 UEPs), o custo unitário da UEP caiu para R\$ 7.524,5605 (R\$ 605.064,09 / 80,411884 UEPs). Como o índice equivalente em UEPs dos produtos se manteve inalterado (não houve aumento do tempo de produção individual), bastou multiplicá-los pelo novo valor monetário (R\$) da UEP do cenário simulado para obter o custo de transformação dos produtos (R\$) em cada etapa.

Tendo em vista que os demais fatores (preço de venda, tributação, comissão e custo de matérias-primas) por unidade não foram afetados, somente houve alterações nos valores totais destes pelos novos volumes recomendados pelo Solver. Destarte, as novas margens de contribuição totais passaram a ser de R\$ 330.567,80 (“66-CAÇ.”), R\$ 96.239,32 (“11-GRAN.”) e R\$ 5.233,28 (“15-TANQ.”), acarretando o valor total de R\$ 432.040,40 para o mix a ser produzido/vendido para otimizar o resultado fabril da empresa. Essa lucratividade equivale a 13,79% das vendas projetadas (R\$ 3.132.979,60) e supera a anteriormente obtida, pois a margem de contribuição total era de R\$ 354.763,92 (ou 12,33% do faturamento de R\$ 2.876.739,60).

Para entender por que a alteração no resultado ocorre se deve considerar o raciocínio da margem de contribuição por fator limitativo, como consta da Tabela 6.

Tabela 6 - Margem de contribuição fabril por fator limitativo (UEP)

| Itens/produtos | 66-CAÇ. | 11-GRAN. | 15-TANQ. |
|---|----------|----------|----------|
| a) Margem de contribuição fabril unitária (R\$) | 5.602,84 | 6.014,96 | 5.233,28 |
| b) Margem de contribuição fabril unitária (%) | 13,58% | 14,71% | 11,76% |
| c) Capacidade consumida por unidade (UEPs/unid.) | 1,000000 | 1,278689 | 0,952863 |
| d=a/c) Marg. contrib. fabril por fator limitativo (R\$/UEP) | 5.602,84 | 4.704,00 | 5.492,17 |

Fonte: elaborada pelos autores.

A metodologia que fundamenta o Solver faz uma ponderação entre a capacidade consumida dos recursos finitos (neste caso, a capacidade instalada em termos de UEPs) e a lucratividade máxima que cada produto poderia proporcionar, estando circunscritos a esse limite de potencial produtivo. Por exemplo: o produto “66-CAÇ.” renderia R\$ 5.602,84 a cada UEP produzida, enquanto o produto “11-GRAN.” geraria R\$ 4.704,00 a cada UEP fabricada (R\$ 6.014,96 / 1,278689 UEPs por unidade). Assim, mesmo que o “11-GRAN” tenha margem de contribuição fabril unitária superior a cada unidade física em relação ao “66-CAÇ.” (tanto em valor monetário, quanto em percentual), este último foi priorizado no mix que otimiza o resultado da empresa (59 unidades do “66-CAÇ.” contra 16 unidades do “11-GRAN”).

Se esse mesmo raciocínio fosse aplicado no comparativo dos produtos “11-GRAN.” e “15-TANQ.”, a prioridade seria dada ao segundo, pois geraria R\$ 5.492,17 por UEP produzida. Isso não ocorreu porque o Solver ponderou também o consumo dos recursos (ou seja, o nível de UEPs possíveis de fabricar no período dentro da capacidade instalada) pelos produtos. Nesse rumo, a Tabela 7 sintetiza os volumes de UEPs consumidos da capacidade disponível no volume indicado pelo Solver como maximizador do resultado da empresa.

Tabela 7 - Capacidade utilizada (em UEPs) dos postos operativos - CENÁRIO OTIMIZADO

| Itens/Produtos | 66-CAÇ. | 11-GRAN. | 15-TANQ. | TOTAL |
|--|-----------|----------|----------|-----------|
| a) Venda (unidades/mês) | 59 | 16 | 1 | 76 |
| b) Equivalente em UEPs | 1,000000 | 1,278689 | 0,952863 | - |
| Calandra | 0,000132 | 0,000183 | 0,000122 | - |
| Guilhotina | 0,000448 | 0,000640 | 0,000299 | - |
| Plasma | 0,241411 | 0,170408 | 0,388150 | - |
| S.Fita. Ang. | 0,016965 | 0,016965 | 0,016965 | - |
| Furad.Banc. | 0,005106 | 0,005802 | 0,003868 | - |
| Torno Conv. | 0,018534 | 0,021551 | 0,010776 | - |
| Montag./Solda | 0,198803 | 0,181425 | 0,161284 | - |
| Cab. J./Pint. | 0,239055 | 0,362205 | 0,181102 | - |
| Acab./Insp. | 0,279546 | 0,519510 | 0,190297 | - |
| c = a X b) Volume total de UEPs produzidas no período (capacidade utilizada) | | | | |
| Calandra | 0,007784 | 0,002932 | 0,000122 | 0,010838 |
| Guilhotina | 0,026445 | 0,010245 | 0,000299 | 0,036988 |
| Plasma | 14,243228 | 2,726520 | 0,388150 | 17,357898 |
| S.Fita. Ang. | 1,000916 | 0,271435 | 0,016965 | 1,289316 |
| Furad.Banc. | 0,301257 | 0,092837 | 0,003868 | 0,397962 |
| Torno Conv. | 1,093523 | 0,344824 | 0,010776 | 1,449122 |
| Montag./Solda | 11,729399 | 2,902797 | 0,161284 | 14,793479 |
| Cab. J./Pint. | 14,104248 | 5,795274 | 0,181102 | 20,080625 |
| Acab./Insp. | 16,493201 | 8,312158 | 0,190297 | 24,995656 |

Fonte: elaborada pelos autores.

Como comentado anteriormente, a capacidade utilizada é obtida multiplicando-se o volume fabricado do item pelo respectivo índice equivalente em UEPs do produto. Ou seja, as 59 unidades do produto “66-CAÇ.” têm equivalente de 0,239055 UEP por peça no posto operativo “Cab. J./Pint.”, o que implica consumo total da capacidade instalada de 14,104248 UEPs no mês. Ao somar os volumes de UEPs dos três produtos, se constata que tal setor produziria 20,080625 UEPs no período com a citada quantidade de produtos considerada ideal pelo Solver.

A partir dessa capacidade consumida foi possível verificar os novos índices de ociosidade, como descrito na Tabela 8.

Tabela 8 - Comparativo das capacidades - CENÁRIO OTIMIZADO

| Postos Operativos | Capacidade Instalada (UEPs/mês) | Capacidade Utilizada (UEPs/mês) | Capacidade Ociosa (UEPs/mês) | Capacidade Ociosa (%) |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Calandra | 0,270894 | 0,010838 | 0,260056 | 96,00% |
| Guilhotina | 0,414149 | 0,036988 | 0,377161 | 91,07% |
| Plasma | 17,495171 | 17,357898 | 0,137273 | 0,78% |
| S.Fita. Ang. | 2,090049 | 1,289316 | 0,800733 | 38,31% |
| Furad.Banc. | 0,857816 | 0,397962 | 0,459854 | 53,61% |
| Torno Conv. | 1,593086 | 1,449122 | 0,143964 | 9,04% |
| Montag./Solda | 53,695261 | 14,793479 | 38,901782 | 72,45% |
| Cab. J./Pint. | 20,080625 | 20,080625 | - | 0,00% |
| Acab./Insp. | 45,716868 | 24,995656 | 20,721212 | 45,33% |
| Total | 142,213918 | 80,411884 | 61,802034 | 43,46% |

Fonte: elaborada pelos autores.

No caso do setor “Cab. J./Pint.”, a capacidade utilizada foi igual à capacidade instalada. Com isso, a ociosidade desse posto operativo foi zerada no cenário simulado que visa otimizar o resultado. Portanto, um produto adicional aos volumes sugeridos pelo Solver não seria suportável no nível de capacidade instalada do setor.

Retomando a análise sobre o que motivou a priorização do produto “11-GRAN.” em detrimento do “15-TANQ.”, cabe destacar os respectivos consumos das capacidades instaladas nos dois postos operativos de menor ociosidade (que podem ser considerados os gargalos produtivos). Como visto na Tabela 7, cada unidade do “11-GRAN.” consome 0,362205 UEP no setor “Cab. J./Pint.” e 0,170408 UEP no “Plasma”; enquanto o produto “15-TANQ.” tem consumo de 0,181102 UEP e 0,388150 UEP nos mesmos postos operativos, respectivamente. Então, se trocar uma unidade do produto “11-GRAN.” por uma peça do “15-TANQ.”, caberia na capacidade instalada do setor “Cab. J./Pint.”, pois deixaria de produzir 0,362205 UEP para produzir 0,181102 UEP. Porém, no âmbito do setor “Plasma” haveria a troca de um produto que consome 0,170408 UEP por unidade por outro que consumiria 0,388150 UEP por item fabricado. Como a ociosidade, evidenciada na Tabela 8, no contexto do “Plasma” seria de apenas 0,137273 UEP, essa troca não seria suportada na capacidade instalada respectiva. Destarte, são justificadas as quantidades recomendadas pelo Solver como otimizadoras do resultado fabril total.

4.4. Discussão dos resultados

O contexto mencionado nas seções precedentes leva a alguns achados relevantes que merecem ser salientados. O primeiro ponto é a mensuração da capacidade instalada (chamada de potencial produtivo no método UEP) dos postos operativos, o cálculo dos equivalentes em UEPs dos integrantes do mix produzido e a respectiva quantidade de UEPs elaboradas (que equivale à capacidade utilizada) no período. Esses resultados corroboram os benefícios informativos citados em publicações que abordaram esse método de custeio, como Moterle, Wernke e Zanin (2018), Wernke, Junges e Lembeck (2015) e Pereira (2015), entre outros.

O segundo aspecto relevante diz respeito à adequação do método UEP à aplicação do Solver com a finalidade de simular o mix produtivo que permite otimizar o resultado da empresa. Nesse sentido, a seção precedente evidenciou que a parametrização do Solver pode ser realizada com base nos dados oriundos da aplicação do método UEP, desde que devidamente selecionados os fatores de restrição de capacidade. No caso em lume, ao definir o objetivo de maximizar a margem de contribuição fabril total (R\$) dos três produtos abrangidos e considerando,

concomitantemente, os limites de capacidade fabril dos nove postos operativos (em termos de UEPs máximas a produzir por hora), foi possível encontrar o volume mais adequado de unidades a serem produzidas e vendidas dos três itens abrangidos para obtenção do melhor resultado operacional possível num mês. Tal nível de atividade se adequa aos limites da capacidade instalada de fabricação, individualmente determinado por posto operativo da empresa, o que foi comprovado com o cálculo do volume de UEPs a ser fabricado no mês com base nas quantidades recomendadas pelo Solver e seu confronto com os potenciais produtivos mensais de cada setor fabril.

Ao cotejar os achados com pesquisas anteriores assemelhadas, não foram encontradas aplicações na realidade de uma empresa fabril associando o Solver ao Método UEP com o fito de otimizar os resultados a partir da capacidade instalada em termos de UEPs do período. Com isso, entende-se que há uma contribuição quanto à lacuna de pesquisa existente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo pretendeu responder questão de pesquisa ligada à possibilidade de utilizar a ferramenta Solver (Excel) na projeção das quantidades necessárias a produzir e vender para otimização do resultado oriundo do mix de produtos, se considerada a restrição de capacidade instalada de UEPs por mês em cada posto operativo. Nessa direção, o estudo objetivou demonstrar a utilização da ferramenta Solver (Excel) para projetar a quantidade de produção e venda ideal para otimizar o resultado do mix de produtos no contexto de existência de restrição de capacidade instalada de UEPs por mês numa fábrica de implementos agrícolas. Acerca disso, os autores do presente artigo entendem que a questão de estudo foi adequadamente respondida e o objetivo do estudo foi atingido, visto que foram detalhados os passos necessários para parametrizar o Solver com os dados necessários para obter uma recomendação acerca do mix a ser priorizado e respectivos volumes de produção e venda no âmbito da empresa pesquisada.

Apesar da disponibilidade de uma planilha pelo método de custeio UEP, os administradores da empresa pesquisada não usavam uma metodologia tecnicamente consistente para determinar quais produtos deveriam ser priorizados. Como tal método de custeio proporciona informações de cunho financeiro (como o custo unitário de transformação) e não financeiro (como grau equivalente da dificuldade de produção dos itens, potenciais produtivos de UEPs por hora etc.), pode ser uma fonte de subsídios para otimizar a gestão industrial e, conseqüentemente, melhorar a lucratividade decorrente.

Portanto, do ponto de vista prático, os achados derivados dos procedimentos adotados nesta pesquisa podem contribuir para:

- 1) Facilitar a programação da produção, quando houver restrição de capacidade instalada, de modo a selecionar o conjunto de produtos que podem trazer a maior lucratividade possível nas condições vigentes;
- 2) Ofertar informações acerca da margem de contribuição fabril dos produtos considerando os fatores limitativos (neste caso, a capacidade instalada da fábrica em termos de UEPs, também conhecido como potencial produtivo no contexto desta metodologia de custeamento), o que pode servir para incentivos comerciais (como comissões de vendas maiores para a comercialização daqueles itens mais lucrativos).

Além do aspecto de subsidiar os gestores no que concerne às informações oriundas dos resultados, conforme comentado acima, os autores defendem que esta pesquisa contribui com a literatura da área de custos por:

- Evidenciar um estudo com abordagem aplicável no cotidiano empresarial que pode ajudar os gestores a simular cenários para otimização dos resultados proporcionados pelo mix produzido/vendido, como defendido por Baldvinsdottir et al. (2010) e Lukka (2010) quanto à relevância de maior número de publicações com esse enfoque pragmático.
- Demonstrar como o Solver pode ser aplicado no âmbito do método UEP na realidade de uma empresa industrial, especialmente por considerar suas peculiaridades relacionadas com as capacidades de produção instaladas, utilizadas e ociosas dos postos operativos. Ou seja, diferentemente de estudo anterior (que apresentou aplicação fictícia), o uso conjunto do UEP e Solver foi demonstrado na realidade de uma fábrica de implementos agrícolas, o que aumenta o número de variáveis envolvidas e sua complexidade.

Como recomendação para estudos futuros, caberia analisar a adequação do uso do Solver a outros métodos de custeio (como TDABC ou ABC, por exemplo), de forma assemelhada ao proposto nesta pesquisa ou em outros cenários ou tipos de empresas.

REFERÊNCIAS

- Anthony, R. N., & Govindarajan, V. (2002). *Sistemas de controle gerencial*. São Paulo: Atlas.
- Baldvinsdottir, G., Mitchell, F., & Nørreklit, H. (2010). Issues in the relationship between theory and practice in management accounting. *Management Accounting Research*, 21(2), 79-82.
- Belfiore, P., & Fávero, L. P. (2021). *Pesquisa operacional para cursos de Engenharia*. 1ª ed., GEN LTC.
- Birchler, E. A., Silva, E. M., & Nascimento, S. P. (2022). PEU method: an analysis of its applicability and implementation limitations in brazilian companies. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, 9(6). DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.96.4>
- Bruni, A. L., & Paixão, R. B. (2011). *Excel aplicado à gestão empresarial*. 2ª ed., Atlas.
- Gassen, G., Graciolli, O. D., Chiwiacowsky, L. D., & Mesquita, A. (2019). Proposta de um modelo de programação linear para otimização do planejamento agregado de produção de brocas para empresa multinacional. *Revista Produção Online*, 19(1), 21-43.
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7ª ed., São Paulo: Atlas.
- Hoose, A., & Kripka, M. (2023). Programação linear aplicada na indústria e suas conexões com os objetivos de desenvolvimento sustentável: uma revisão bibliométrica e sistemática. *Revista Produção Online*, 23(3), e-4866.
- Kamp, R. I. (2023). Méthode G. P. (Método UP/UEP): um método de custeio ímpar. *Anais do XXX Congresso Brasileiro de Custos, Natal (RN), ABCustos/UFRN, 2023*.
- Klann, R. C., Cunha, P. R. da, Silva, J. O. da, & Scarpin, E. J. (2010). Utilização da programação linear na otimização de resultados de uma empresa do ramo de transporte rodoviário de cargas. *Revista ABCustos*, 5(1), 128–153.
- Lacerda, M. S. P. de, Schultz, C. A., & Walter, F. (2017). A aplicabilidade do método das Unidades de Esforço de Produção em uma panificadora: evidências de um estudo de caso. *Sistemas & Gestão*, 12(1), 38-48.
- Lukka, K. (2010). The roles and effects of paradigms in accounting research. *Management Accounting Research*, 21(2), 110-115.

- Microsoft (2024). Definir e resolver um problema usando o Solver. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/definir-e-resolver-um-problema-usando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>. Acesso: 30/05/2024.
- Moterle, S., Wernke, R., & Zanin, A. (2018). Influência da escolha do produto-base do método Unidades de Esforço de Produção (UEP) no custo unitário de transformação. *Exacta*, 18(4), 758-777.
- Nepumoceno, F. L., Nunes, P. R. de C., & Rodrigues, R. C. (2024). Custeio por absorção integrado a unidade de esforço de produção (UEP): estudo de caso em uma empresa de massas e biscoitos. *Revista Mineira de Contabilidade*, 25(1), 38-52.
- Oenning, V., & Rocha Neto, A. (2006). O uso do custeamento pelas Unidades de Esforço de Produção (UEP's) e a otimização de produção. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Custos*, Belo Horizonte (MG), Brasil, 13.
- Oyadomari, J. C. T., Cardoso, R. L., Mendonça, O. R. Neto, Antunes, M. T. P., & Aguiar, A. B. (2013). Criação de conhecimento em práticas de controle gerencial: análise dos estudos internacionais. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 6(1), 4-30.
- Pereira, S. I. M. (2015). Custeio por atividades (ABC) e unidade de esforço de produção (UEP): similaridades, diferenças e complementaridades. Dissertação de mestrado. PPGCC. Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Richardson, R. J. (2017). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 4ª ed., São Paulo: Atlas.
- Santos, J. N. dos, & Vallim, C. R. (2021). Programação linear na otimização de mix de serviços: um estudo de uma empresa de hotelaria. *Contabilometria: Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting*, 8(2), p.48-64.
- Silva, M. V. da, & Corrêa, R. G. de F. (2021). Método de custeio tradicional versus método da Unidade de Esforço de Produção (UEP): um estudo de caso em uma indústria multiprodutora do segmento metalmeccânico. *Revista ABCustos*, 16(2), 01-30.
- Souza, F. R. de, & Borgert, A. (2014). Tempo e unidade de rede: equivalência de produção em serviços de telecomunicações. *Anais do XXI Congresso Brasileiro de Custos*, Natal (RN), Brasil, 21.
- Valentim, T. L. S. (2018). Avaliação de contribuições teóricas ao método das Unidades de Esforço de Produção (UEPs). *Revista ABCustos*, 13(2), 01-26.
- Wernke, R., Junges, I., & Lembeck, M. (2015). Comparativo entre os métodos UEP e TDABC: estudo de caso. *Revista Ambiente Contábil*, 7(1), 51-69.
- Wernke, R., Santos, A. P. dos, Junges, I., & Scheren, G. (2018). Comparação do custo fabril apurado pelos métodos Unidades de Esforço de Produção (UEP) e Time-driven Activity-based Costing (TDABC): estudo de caso em linha de produção de frigorífico. *Exacta-EP*, 16(3), 103-119.
- Wernke, R., Vallim, C. R. (2023). Custo unitário de transformação no método UEP: a soma dos setores pode ser diferente do custo da linha de produção. *Revista ABCustos*, 18(3), 113-136.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e método*. 5ª ed., Porto Alegre: Bookman.
- Zanin, A., Magro, C. B. D., Levant, Y., & Afonso, P. S. L. P. (2022). Potencialidades gerenciais do método UEP (unidade de esforço de produção). *Revista Mineira de Contabilidade*, 23(1), 83–95.