Iberoamerican Journal of Industrial Engineering

OTIMIZAÇÃO DO *MIX* DE PRODUTOS E DO RESULTADO OPERACIONAL: INTEGRAÇÃO ENTRE TDABC E PROGRAMAÇÃO LINEAR NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

PRODUCT MIX AND OPERATING PROFIT OPTIMIZATION: INTEGRATION BETWEEN TDABC AND LINEAR PROGRAMMING IN THE FOOD INDUSTRY

Mara Juliana Ferrari [1], Rodney Wernke [2*]

[1] UNIDAVI, Rio do Sul, Santa Catarina, Brasil. [2*] Sem vínculo institucional
[1] https://orcid.org/0000-0002-6053-1773 [2*] https://orcid.org/0000-0001-5163-5004
[1] marajuferrari@gmail.com [2*] rodneywernke1@hotmail.com
***Autor Correspondente**: **Wernke, R.**

RESUMO: Este estudo analisou a integração entre o *Time-Driven Activity-Based Costing* (TDABC) e a Programação Linear, via suplemento Solver (Excel), para otimizar o *mix* de produção e o resultado operacional de uma fábrica de carnes processadas sob restrição de capacidade instalada (em minutos). A pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso único, de natureza descritiva e abordagem quantitativa. Os resultados demonstraram que a aplicação do TDABC identificou uma ociosidade fabril inicial de 28,24%. A simulação otimizada pelo Solver, considerando a margem de contribuição fabril e os gargalos operacionais, elevou o resultado operacional de R$ 303.565,65 para R$ 361.771,33 (aumento de 19,17%), mediante a realocação e priorização dos produtos com maior retorno por tempo consumido. Para a literatura, o trabalho contribui ao preencher uma lacuna sobre a combinação do TDABC com modelos determinísticos de otimização e ao validar o uso da margem de contribuição fabril em substituição à abordagem tradicional. Para os gestores e usuários das informações, o modelo fornece uma ferramenta prática para decisão sobre programação da produção, direcionamento da força de vendas e gestão estratégica da capacidade produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: TDABC; Solver; Otimização de Resultado.

ABSTRACT: This study analyzed the integration between Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) and Linear Programming, using the Solver add-in (Excel), to optimize the product mix and operating profit of a processed meat factory under installed capacity constraints (in minutes). Methodologically, it was designed as a single descriptive case study with a quantitative approach. The results revealed that TDABC implementation identified an initial capacity idle rate of 28.24%. The optimized simulation conducted by Solver, considering factory contribution margin and operational bottlenecks, increased operating profit from $303,565.65 to $361,771.33 (a 19.17% improvement) by reallocating production toward items with higher margin per consumed time unit. For academic literature, this study fills a gap regarding the joint application of TDABC with deterministic optimization tools and validates the use of factory contribution margin over traditional

costing approaches. For decision-makers and information users, the proposed model delivers a practical framework to support production scheduling, sales force incentives, and strategic capacity management.

KEYWORDS: *TDABC; Solver; Profit Optimization*.

1. INTRODUÇÃO

A literatura da área de custos envolve uma série de metodologias de custeamento que podem ser empregadas na determinação do custo de transformação unitário dos produtos das empresas fabris. Entre as opções disponíveis estão o custeio por Absorção (e seus derivados), o Activity-based Costing (ABC), o método das Unidades de Esforço de Produção (UEP) e o *Time-driven Activity-based Costing* (TDABC). Este último se caracteriza por alocar os custos aos produtos com base no consumo de tempo associado às atividades necessárias para confeccioná-los (Kaplan e Anderson, 2007), permitindo medir as capacidades instaladas, utilizadas e ociosas dos setores (Zanin et al., 2018; Shankar et al., 2020).

A identificação do patamar de ociosidade de uma organização pode ser considerada uma informação valiosa para gestores e investidores, o que motiva seu cálculo de forma interna (para fins de otimização da capacidade produtiva) e externa, especialmente quando há perspectiva de aumento de demanda ou estudos de viabilidade de expansão (Adigüzel e Floros, 2020; Pereira et al., 2024). Embora a ociosidade seja um fenômeno presente na maioria das empresas industriais, é responsabilidade dos administradores cogitar iniciativas para aprimorar a utilização dos recursos disponíveis (maquinário, galpões, quadro de pessoal etc.) e maximizar a geração de resultados da entidade (Hoose e Kripka, 2023).

Nessa direção, pode ser útil o emprego da “programação linear”, visto que esta ferramenta proporciona soluções práticas para questões operacionais complexas, podendo apresentar caminhos para otimizar o resultado dos produtos naquelas realidades fabris que tenham restrições de capacidade produtiva (Gassen et al., 2019). Uma forma de operacionalizá-la é usar o suplemento “Solver” (do Microsoft Excel) que, de acordo com Bruni e Paixão (2008), permite testar hipóteses para maximização dos resultados da fábrica.

Entretanto, publicações que discorrem sobre a associação da programação linear (ou do Solver) ao Custeio Baseado em Atividades e Tempo (TDABC) são escassas, motivo pelo qual podem existir dúvidas quanto à possibilidade de uso conjunto desses artefatos. Então, a partir dessa possível lacuna é que emerge a seguinte questão de pesquisa: como usar o suplemento Solver (Excel) na estimativa das quantidades a fabricar para otimização do resultado oriundo do *mix* de produtos, se considerada a restrição de capacidade instalada (em minutos) em cada etapa de produção, no contexto do TDABC? Para responder tal indagação foi estabelecido o

objetivo de demonstrar a utilização conjunta do TDABC e do suplemento Solver (Excel) para projetar a quantidade ideal de produção para otimizar o resultado mensal de uma fábrica de carnes processadas, considerando a restrição de capacidade de produção (em minutos).

Pesquisas com essa abordagem são pertinentes pelo reduzido número de publicações sobre o método TDABC combinado com o Solver no âmbito industrial, o que está alinhado com o defendido por Baldvinsdottir et al. (2010) e Lukka (2010) acerca da necessidade de um maior número de trabalhos acadêmicos sobre a utilização de artefatos contábeis na seara gerencial cotidiana das empresas. Ou seja, a contabilidade gerencial também pode ser estudada academicamente com o enfoque de sua aplicabilidade prática em determinadas realidades empresariais, pois estas podem estar situadas em níveis distintos de uso das técnicas de gerenciamento (Oyadomari et al., 2013). Esse aspecto também pode ser observado em relação à ausência de publicações que debatam a programação linear com as metodologias de custeamento mais recentes, o que pode ser considerado uma pequena lacuna de pesquisa a ser mais explorada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O método de Custeio Baseado em Atividade e Tempo (TDABC) foi idealizado por Kaplan e Anderson (2007) visando à correção de deficiências do método de Custeio Baseado em Atividade (ABC), como é o caso do não reconhecimento da eventual existência de capacidade ociosa. Acerca disso, Pagano et al. (2022) mencionam que no TDABC são priorizados dois parâmetros facilmente estimáveis: a taxa de custo da capacidade (que representa a relação entre o custo da capacidade fornecida e a capacidade prática dos recursos usados no processo) e o uso efetivo dessa capacidade em cada atividade (equivalente ao tempo de execução das atividades envolvidas). Com isso, se consegue revelar o custo e a quantidade da capacidade prática não direcionada às atividades operacionais (ociosidade).

Nesse sentido, Afonso e Santana (2016) argumentam que a identificação do nível de ociosidade de uma indústria pode ser relevante para gestores e investidores, justificando sua mensuração internamente (com o objetivo de otimizar a capacidade produtiva) e externamente (principalmente se cogitadas perspectivas de expansão de demanda ou para estudos sobre a viabilidade de projetos).

Keel et al. (2017) citam que as etapas para implementar o TDABC podem abranger: (i) selecionar os processos a serem avaliados; (ii) definir as atividades em toda a cadeia dos processos visados; (iii) elaborar o mapa de processos envolvendo todas as atividades; (iv) estimar o tempo de execução de cada atividade; (v) estimar o custo para cada atividade do(s) processo(s); (vi) calcular a capacidade produtiva utilizada; (vii) determinar o custo relacionado a essa capacidade e (viii) apurar o custo total.

Portanto, é necessário estimar a capacidade produtiva disponível, que corresponde ao volume de tempo que os funcionários atuam para executar as atividades (Choudhery et al., 2020). Entretanto, Kaplan e Anderson (2007) defendem que a definição da taxa da capacidade de trabalho efetivamente instalada deve considerar que tal capacidade representa cerca de 80% da capacidade total teórica para o caso dos funcionários (por causa de intervalos de descanso, tempo de entrada e saída, treinamento, reuniões etc.) e de 85% para o caso das máquinas (pela inatividade derivada de setups, manutenções e reparos).

Ainda de acordo com Kaplan e Anderson (2007), essa capacidade efetiva é um dos componentes do cálculo da "taxa de custo da capacidade", juntamente com os montantes gastos para execução de cada uma das atividades abrangidas. Portanto, a referida taxa resulta da divisão do (i) valor dos gastos com recursos fornecidos aos departamentos ou processos (envolvendo funcionários, maquinário, tecnologia e infraestrutura) para executar as atividades pelo (ii) tempo consumido da respectiva capacidade disponível de trabalho. Com isso, a taxa de custo da capacidade das atividades da empresa equivalerá ao valor do custo dessas atividades por minuto de execução (R$/minuto). A partir dessa taxa é que são apurados os custos dos produtos, de vez que se considera o consumo de tempo de pessoal, máquinas e infraestrutura requeridos no processo (adicionando-se, a posteriori, o custo com material).

Quanto aos benefícios associáveis ao TDABC, cabe salientar os seguintes aspectos:

a) Aplicação mais simples em relação ao ABC, o que possibilita implementá-lo e atualizá-lo com maior facilidade que o antecessor (Ganorkar et al., 2018).

b) Permite a elaboração de equações de tempo integráveis com softwares de gestão e compatíveis com contextos fabris complexos (Pernot et al., 2007).

c) Útil para analisar a lucratividade de cada parte do processo de fabricação e para apurar o valor agregado das operações executadas (Pineno, 2012).

d) Evidencia oportunidades de melhoria nos processos produtivos (Ratnatunga et al., 2012).

e) Mensuração das capacidades instaladas, utilizadas e ociosas dos setores da fábrica (Kaplan, 2014).

f) Facilidade para fazer projeções do consumo de recursos e do uso da capacidade fabril (Siguenza-Guzman, 2014).

No que concerne às limitações atreladas a essa metodologia de custeamento, cabe destacar alguns pontos:

1) Dificuldade (ou subjetividade) para obtenção de estimativas precisas e posteriores atualizações dos tempos de produção (Pacassa e Schultz, 2016).

2) Requer uma base de dados robusta para geração e atualização das informações oriundas (Mortaji et al., 2014).

3) A elaboração das equações de tempo pode ser trabalhosa quando se pretende abranger as variáveis de processos produtivos complexos (Misono et al., 2015).

4) Provável necessidade de ajustes para aplicação em empresas que fabricam “sob encomenda”, pois as atividades não são padronizadas quanto ao tempo de execução ou ao consumo de recursos (Pereira et al., 2024).

2.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR E A FERRAMENTA SOLVER DO EXCEL

O conceito de “programação linear” surgiu nos anos 1950 (Hoose & Kripka, 2023) e pode ser definido, de acordo com Belfiore e Fávero (2021), como uma técnica matemática para maximizar/minimizar uma função linear (representada pela “função objetivo”) relacionada com as restrições consideradas numa modelagem matemática para observar os fatores que limitam a capacidade de um sistema produtivo.

Convém ressaltar que a programação linear é um modelo determinístico que requer que as variáveis a considerar devem ser conhecidas, lineares e constantes. Portanto, é necessário definir uma constante a ser usada como referência para associá-la à variável de decisão ligada à “função objetivo” do problema analisado, levando em conta também as restrições da empresa. Então, as variáveis de decisão devem ser “não-negativas”, pois os problemas reais requerem resultados positivos (Belfiore e Fávero, 2021).

Santos e Vallim (2021) aduzem que, para aplicá-la, primeiramente devem ser listadas as restrições existentes para atingir as possibilidades projetadas e, em seguida, definir os valores das variáveis decisórias de modo que as retas das restrições sejam transpassadas mutuamente. Por último, determinar os valores da “função objetivo,” por meio dos dados associados ao contexto do problema, para que seja conseguida a maximização dos resultados (ou a minimização dos custos).

O suplemento “Solver”, do Microsoft Excel, é um instrumento que permite usar a programação linear para testar hipóteses que, por exemplo, abranjam a determinação de um valor ideal (máximo ou mínimo) para uma equação localizada em determinada célula e que leva em conta as restrições ou limites vigentes sobre os valores de outras células com fórmulas numa planilha Excel. Portanto, o Solver processa um grupo de células (chamadas de “variáveis de decisão”) computadas no cálculo das fórmulas existentes nas células do “objetivo” e das “restrições”. O Solver ajusta, então, os valores nas células das variáveis de decisão para adequar aos limites expressos nas células de restrição para evidenciar o resultado pretendido para a célula do “objetivo” (Microsoft, 2026). Com isso, se pode encontrar soluções para diferentes problemas algébricos relacionados à maximização ou minimização de uma determinada função, delimitada por um conjunto de restrições (Bruni e Paixão, 2008).

2.2 ESTUDOS PRECEDENTES ASSEMELHADOS

Pesquisas nas bases de dados do Portal de Periódicos Capes e nos eventos mais voltados à gestão de custos indicaram a existência de duas publicações com enfoque semelhante ao aplicado neste artigo.

Aquela que mais se aproximou foi a de Souza e Borgert (2014), que versou acerca da utilização do Solver numa prestadora de serviços de telecomunicações que faz uso de uma unidade de medida de produção chamada de “Unidade de Rede (UR)”. Teve o objetivo de analisar comparativamente os resultados decorrentes da aplicação do TDABC e da UR utilizada pela companhia e concluiu que a análise estatística possibilitada pelo Solver aprimora a distribuição inicial e fornece valores mais confiáveis. Com isso, a aplicação do Solver subsidia a determinação dos equivalentes de produção, especialmente naquelas equipes de serviços com formação padrão, por terem menor oscilação de produtividade.

O estudo de Wernke e Ferrari (2026) abordou o uso do Solver em conjunto com o método de custeio “Unidades de Esforço de Produção” (UEP). Evidenciou que tais ferramentas podem ser úteis para melhorar a lucratividade do *mix* produzido, se consideradas as restrições de potencial produtivo (equivalente à capacidade instalada) em termos de UEPs no período.

Assim, não foram encontradas publicações com a abordagem estritamente assemelhada ao visado neste artigo, o que pode se constituir numa pequena lacuna de pesquisa.

3. METODOLOGIA

Quanto aos aspectos metodológicos, cabe classificar este estudo como tendo objetivo descritivo, no formato de estudo de caso e com abordagem quantitativa. É pertinente categorizar como quantitativo porque, de acordo com Richardson (2017), assim devem ser enquadrados os estudos que se caracterizam por trabalhar com dados numéricos e procedimentos estatísticos para explicar fenômenos e testar hipóteses de forma objetiva e sistemática (como foi o caso da programação linear e do Solver).

Pelo lado do procedimento escolhido, cabe denominar como estudo de caso por estar circunscrito a apenas um objeto de estudo (indústria de carnes processadas), o que está em consonância com o conceito de Yin (2015) a respeito. No que tange ao objetivo, é válido considerá-lo como descritivo, pois Gil (2019) argumenta que este tipo abrange os estudos que descrevem as peculiaridades de um determinado fenômeno (ou população) ou que pretendem estabelecer vínculos entre as variáveis associadas ao contexto pesquisado.

Quanto ao objeto estudado, a pesquisa foi realizada numa fábrica de carnes

processadas de Gaspar (SC), cuja razão social foi omitida para atender solicitação do proprietário. Os dados utilizados se referem ao mês de março de 2025, tendo sido coletados no mês seguinte, quando a empresa tinha aproximadamente 30 funcionários. A escolha dessa empresa ocorreu pela facilidade de acesso aos dados necessários (disponibilizados pelo proprietário), combinado com o fato de que a empresa já utilizava metodologia de custeamento baseada em tempo para calcular os custos de transformação dos produtos fabricados.

Para coligir os dados necessários foram utilizadas entrevistas não estruturadas (conversas informais) com o gestor fabril, com os líderes dos setores de produção e com o responsável pela contabilidade. Além disso, foi realizada uma análise documental nos controles internos ligados ao contexto de custos e faturamento (planilhas de custos, folha de pagamento, equipamentos fabris, tempos de produção, volumes produzidos, faturamento mensal, *mix* de produtos etc.) para conhecer a realidade vigente à época, especialmente quanto às informações a utilizar no estudo.

Convém salientar que, apesar desta indústria produzir mais de 20 produtos, para facilitar a aplicação do modelo e redação do texto foram utilizados nesta pesquisa os principais produtos das três linhas fabricadas (Mortadelas, Salsichas e Linguiças). Nesse sentido, os três produtos selecionados (038-Mort., 115-Sals. e 159-Ling.) representaram 82,41% do faturamento (em R$) do mês abrangido. A partir disso, os demais produtos vendidos no período dessas três linhas foram somados aos volumes dos três itens mencionados em proporção aos volumes físicos (kg) respectivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência são apresentados os passos percorridos para alcançar o objetivo do estudo e evidenciados os principais resultados decorrentes.

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Para aplicação do método TDABC, inicialmente foram identificadas as etapas produtivas da fábrica de alimentos pesquisada, de acordo com a estrutura fabril informada pelo gestor responsável por esta área. Esse procedimento permitiu configurar a planilha de custos de modo adequado à realidade industrial, o que tende a auxiliar no cálculo dos valores e parâmetros necessários à implementação dessa metodologia de custeamento.

No passo seguinte foram apurados os gastos mensais dessas atividades produtivas relacionados com depreciações (dos equipamentos e predial), folha de pagamentos (salários e encargos), energia elétrica, material de consumo e manutenção do maquinário, que totalizaram R$ 287.281,75 no mês abrangido.

Na sequência, como o expediente da empresa era, em média, de 193,60 horas por mês (equivalentes a 11.616 minutos), foram calculados os valores da “Taxa do custo de capacidade (em R$ por minuto)”. Por exemplo: a etapa de produção “E1-Trit.” despendeu R$ 25.178,28 nos 11.616 minutos de capacidade instalada, o que custou R$ 2,167552 por minuto, conforme consta da primeira parte da Tabela 1 (segunda coluna).

Tabela 1
Resumo da aplicação do método TDABC

1) TEMPO CONSUMIDO E CUSTO POR MINUTO (R$) DAS ETAPAS PRODUTIVAS					
Etapas de Produção	Taxa do custo de capacidade (R$/min.)	038-Mort. Min./unid.	115-Sals. Min./unid.	159-Ling. Min./unid.	TOTAL
E1-Trit.	2,167552	0,010000	0,020000	0,020000	-
E2-Moer	3,653000	0,021818	0,018750	0,021429	-
E3-Pesar	2,450685	0,012500	0,012000	0,013333	-
E4-MV	5,651610	0,015000	0,006667	0,018182	-
E5-Emb.	4,236984	0,020000	0,019355	0,021429	-
E6-Emul.	1,286283	0,007059	0,008333	0,006316	-
E7-Temp.	1,801551	0,006667	0,006000	0,005000	-
E8-Gr.	1,744582	0,012000	0,015000	0,013333	-
E9-Sep.	1,739308	0,015000	0,012000	0,015000	-
Total	-	0,120044	0,118105	0,134021	-
2) QUANTIDADES FÍSICAS PRODUZIDAS					
Quantidade produzida (unid.)		180.545	170.640	200.752	551.937
3) CAPACIDADE UTILIZADA (MINUTOS)					
E1-Trit.		1.805,45	3.412,80	4.015,04	9.233,29
E2-Moer		3.939,16	3.199,50	4.301,83	11.440,49
E3-Pesar		2.256,81	2.047,68	2.676,69	6.981,19
E4-MV		2.708,18	1.137,60	3.650,04	7.495,81
E5-Emb.		3.610,90	3.302,71	4.301,83	11.215,44
E6-Emul.		1.274,44	1.422,00	1.267,91	3.964,34
E7-Temp.		1.203,63	1.023,84	1.003,76	3.231,23
E8-Gr.		2.166,54	2.559,60	2.676,69	7.402,83
E9-Sep.		2.708,18	2.047,68	3.011,28	7.767,14
Total da capacidade utilizada (min.)		21.673,28	20.153,41	26.905,07	68.731,76
4) CUSTO TOTAL DA CAPACIDADE UTILIZADA					
E1-Trit.		3.913,41	7.397,42	8.702,81	20.013,63
E2-Moer		14.389,77	11.687,77	15.714,58	41.792,12
E3-Pesar		5.530,74	5.018,22	6.559,73	17.108,69
E4-MV		15.305,55	6.429,27	20.628,58	42.363,40
E5-Emb.		15.299,33	13.993,53	18.226,78	47.519,63
E6-Emul.		1.639,29	1.829,10	1.630,89	5.099,27
E7-Temp.		2.168,41	1.844,50	1.808,32	5.821,23
E8-Gr.		3.779,71	4.465,43	4.669,71	12.914,85
E9-Sep.		4.710,35	3.561,55	5.237,54	13.509,44
Custo total alocado (TDABC)		66.736,53	56.226,79	83.178,95	206.142,27
5) CUSTO TOTAL DA CAPACIDADE OCIOSA					
Etapas		Minutos Ociosos	Taxa do custo de capac. (R$/min.)	Custo da Capac. Ociosidade R$	Nível de Ociosidade (%)
E1-Trit.		2.382,71	2,167552	5.164,65	20,51%
E2-Moer		175,51	3,653000	641,13	1,51%
E3-Pesar		4.634,81	2,450685	11.358,47	39,90%

E4-MV	4.120,19	5,651610	23.285,70	35,47%
E5-Emb.	400,56	4,236984	1.697,17	3,45%
E6-Emul.	7.651,66	1,286283	9.842,20	65,87%
E7-Temp.	8.384,77	1,801551	15.105,58	72,18%
E8-Gr.	4.213,17	1,744582	7.350,22	36,27%
E9-Sep.	3.848,87	1,739308	6.694,36	33,13%
Custo total da ociosidade	35.812,24	-	81.139,48	28,24%

Fonte: elaborada pelos autores.

Na fase seguinte foram coligidos os dados relativos aos três produtos (038-Mort., 115-Sals. e 159-Ling.), como os tempos de produção em cada etapa fabril (em minutos por unidade) e as quantidades produzidas/vendidas no período (180.545, 170.640 e 200.752 unidades, respectivamente para os produtos citados), conforme expresso nas duas primeiras partes da Tabela 1.

Conhecidos os tempos de produção e os volumes produzidos, foi possível calcular a capacidade utilizada pelos produtos em cada uma dessas etapas produtivas (vide parte 3 da Tabela 1). Ou seja, o produto “038-Mort.” consumiu 21.673,28 minutos, o item “115-Sals.” gastou 20.153,41 minutos e o “159-Ling.” despendeu 26.905,07 minutos, o que totalizou 68.731,76 minutos no mês em tela. Na parte 4 da Tabela 1 foi calculado o valor do custo total da capacidade utilizada no mês. Para tanto, bastou multiplicar o custo por minuto de cada etapa fabril pelo respectivo valor da “taxa do custo de capacidade (em R$ por minuto)”. Com isso, foram alocados os valores totais de R$ 66.736,53 (para o produto “038-Mort.”), R$ 56.226,79 (no caso do “115-Sals.”) e R$ 83.178,95 (“159-Ling.”), totalizando R$ 206.142,27.

A parte inferior da Tabela 1 apresenta os níveis de ociosidade das etapas de produção. Ou seja, na segunda coluna constam os “Minutos Ociosos”, que foram calculados pela subtração do (i) “tempo utilizado” com os três produtos do (ii) “tempo disponível”. Por exemplo: no caso do setor “E1-Trit.”, os 9.233,29 minutos consumidos na fabricação foram descontados da capacidade instalada (de 11.616 minutos) para apurar a capacidade ociosa de 2.382,71 minutos no mês. Ao multiplicar essa quantidade de tempo pela “Taxa do custo de capacidade” de R$ 2,167552 respectiva, obteve-se o valor do custo da capacidade ociosa da etapa (R$ 5.164,65), que representa 20,51% do custo total desta no mês (R$ 25.178,28). Calculando de modo análogo para os demais segmentos da indústria pesquisada, se chegou ao valor total de R$ 81.139,48 (28,24% do custo total mensal fabril, que foi de R$ 287.281,75), como exposto na última linha da Tabela 1.

O segundo grupo dos dados apurados abrangeu os produtos integrantes do *mix* fabricado e comercializado no período-base do estudo, bem como a lucratividade obtida. Nessa direção, a Tabela 2 elenca os fatores priorizados e os respectivos valores.

Tabela 2

Resultado do período – Cenário inicial

Itens/Produtos	038-Mort.	115-Sals.	159-Ling.	TOTAL
(+) Preço de venda unitário R$	5,30000	7,36000	6,24000	-
(--) Custo unitário de matérias-primas R$	3,36232	4,84509	3,89750	-
(--) Tributos sobre vendas unitário R$	1,06742	1,48230	1,25674	-
(--) Comissões de vendas unitário R$	0,06360	0,08832	0,07488	-
(=) Margem de contribuição unitária R$	0,80666	0,94429	1,01088	-
(--) Custo de transf. unitário (TDABC) R$	0,36964	0,32951	0,41434	-
(X) Quantidade vendida/mês	180.545	170.640	200.752	551.937
(+) Vendas totais R$	956.888,50	1.255.910,40	1.252.692,48	3.465.491,38
(--) Custo de matérias-primas R$	607.050,06	826.765,82	782.431,72	2.216.247,60
(--) Tributos sobre vendas R$	192.717,34	252.940,35	252.292,27	697.949,96
(--) Comissões de vendas R$	11.482,66	15.070,92	15.032,31	41.585,90
(=) Margem de contribuição R$	145.638,43	161.133,30	202.936,18	509.707,92
(--) Custo de transformação (TDABC) R$	66.736,53	56.226,79	83.178,95	206.142,27
(=) Margem de contribuição fabril R$	78.901,90	104.906,52	119.757,23	303.565,65

Fonte: elaborada pelos autores.

Os dados acerca dos produtos, listados na Tabela 2, foram obtidos das seguintes fontes:

a) Preço de venda unitário R$: calculado pelos preços médios vigentes, com base no faturamento do mês abrangido;

b) Custo unitário de matérias-primas R$: informado pelo gestor da empresa, a partir da composição da ficha técnica de insumos de cada item;

c) Tributos sobre vendas unitário R$: de acordo com a legislação vigente, segundo o contador da empresa;

d) Comissões de vendas unitário R$: relatório de faturamento do período;

e) Margem de contribuição unitária R$: calculada pelo desconto dos valores de matérias-primas, tributos e comissões do preço de venda respectivo dos produtos;

f) Custo de transformação unitário R$: calculado pelo método TDABC, envolvendo a multiplicação do (i) “tempo despendido em cada etapa produtiva” (vide Tabela 1, anteriormente) pela (ii) “taxa do custo de capacidade (R$ por minuto)”.

Assim, ao multiplicar os valores unitários desses fatores pelas quantidades vendidas dos produtos no mês, foram determinados os valores totais de vendas dos três itens (R$ 3.465.491,38), consumo de matérias-primas (R$ 2.216.247,60), tributos sobre vendas (R$ 697.949,96), comissões de venda (R$ 41.585,90), margem de contribuição (R$ 509.707,92), custo de transformação (R$ 206.142,27) e margem de contribuição fabril (R$ 303.565,65).

Na avaliação da lucratividade dos produtos, citada na Tabela 2, foi utilizado o conceito de “Margem de Contribuição Fabril”. Portanto, é pertinente destacar que tal procedimento destoa 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”). Contudo, Anthony e

Govindarajan (2002) argumentam que, 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 reduzir a qualidade das informações relacionadas. Portanto, se optou por aplicar o conceito de "margem de contribuição fabril" para mensurar a lucratividade unitária conseguida pelos integrantes do *mix* vendido (especialmente porque os custos de transformação são relevantes no contexto da empresa pesquisada).

Como o foco desta pesquisa se assenta na otimização do resultado, também é importante salientar que o método TDABC pode levar à não alocação de todos os custos do período aos produtos fabricados, como evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3

Custo total do mês, custo alocado e custo da ociosidade – Cenário inicial

Itens	Valores
a) Custo de transformação total do mês (R$)	287.281,75
b) Custo de transformação total alocado pelo TDABC R$	206.142,27
c = a - b) Custo de transformação não alocado pelo TDABC R$	81.139,48
d) Custo da capacidade ociosa R$	81.139,48
e = c - d) Diferença R$	-

Fonte: elaborada pelos autores.

Anteriormente já havia sido comentado que o gasto mensal com os custos de transformação totalizou R$ 287.281,75 (acarretado por depreciações, folha de pagamentos, energia elétrica etc.). Porém, a aplicação do TDABC realizada permitiu a alocação de R$ 206.142,27 (vide última coluna da Tabela 2, anteriormente citada). Desse modo, uma parcela dos custos de transformação do período (no valor de R$ 81.139,48) não foi alocada. O referido valor corresponde à parcela de tempo não consumida pela produção do mês, ou seja, à ociosidade fabril (como mensurado na Tabela 1, anteriormente).

Quanto a esse aspecto da alocação de um valor menor que o custo mensal total da fábrica, é coerente afirmar que decorre da configuração do TDABC porque, de acordo com Wernke et al. (2022) e Rubin (2017), o TDABC está assentado no princípio de avaliação de baixo para cima (bottom-up). Ou seja, parte de um processo específico para o mais amplo, com alocação de recursos de acordo com o custo por unidade produzida e o tempo associado a esse(s) processo(s). Quando a quantidade produzida (unidades) gera um gasto de tempo (capacidade utilizada) inferior ao expediente de trabalho disponível (capacidade instalada), acarreta tempo inativo que costuma ser chamado de capacidade ociosa.

A próxima seção comenta a respeito da possibilidade de simular o *mix* ideal para otimização do resultado da empresa em lume.

4.2 APLICAÇÃO DO SOLVER

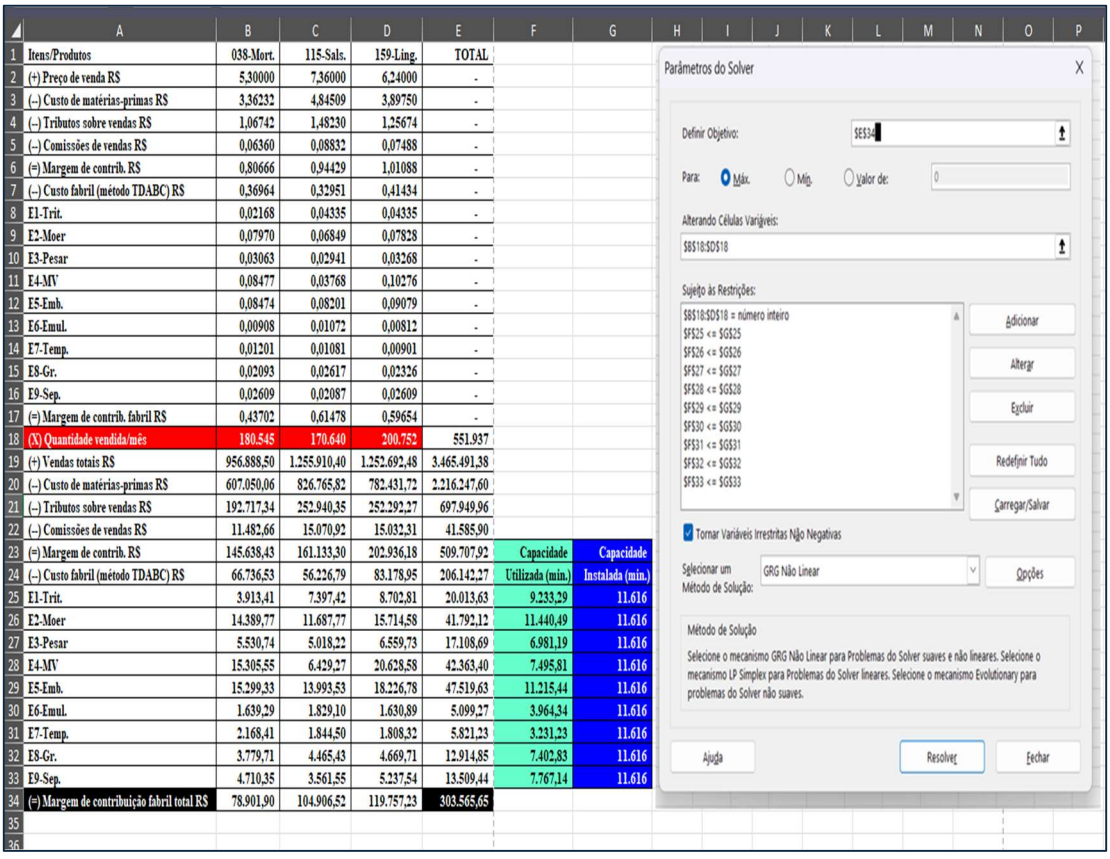
No cenário inicialmente encontrado, o resultado das operações da empresa foi de R$ 303.565,65 (com margem de 8,76% das vendas), subdividido entre os três produtos (R$ 78.901,90, R$ 104.906,52 e R$ 119.757,23 respectivamente para “038-Mort.”, “115-Sals.” e “159-Ling.”).

Para alcançar o objetivo de otimização da lucratividade do *mix* produzido/vendido é pertinente selecionar os itens mais rentáveis, concomitantemente com a observância do consumo dos recursos disponibilizados para a elaboração dos produtos, especialmente o tempo de fabricação disponível. Nesse rumo, como a capacidade instalada de produção é “finita”, nos casos em que o volume de vendas supera a capacidade instalada é relevante priorizar os itens a fabricar levando-se em conta esse fator restritivo.

A determinação do *mix* ótimo de produção/vendas pode ser auxiliada pelo uso da ferramenta Solver, do aplicativo Excel, mediante a inclusão dos dados referentes aos produtos abrangidos nesse simulador.

No caso em estudo, o levantamento dos dados necessários para essa projeção envolveu os fatores e valores elencados na Figura 1.

Figura 1 – Parametrização dos dados no suplemento Solver (Excel)



	A	B	C	D	E	F	G
1	Itens/Produtos	038-Mort.	115-Sals.	159-Ling.	TOTAL		
2	(+) Preço de venda R$	5,30000	7,36000	6,24000	-		
3	(–) Custo de matérias-primas R$	3,36232	4,84509	3,89750	-		
4	(–) Tributos sobre vendas R$	1,06742	1,48230	1,25674	-		
5	(–) Comissões de vendas R$	0,06360	0,08832	0,07488	-		
6	(=) Margem de contrib. R$	0,80666	0,94429	1,01088	-		
7	(–) Custo fabril (método TDABC) R$	0,36964	0,32951	0,41434	-		
8	E1-Trit.	0,02168	0,04335	0,04335	-		
9	E2-Moer	0,07970	0,06849	0,07828	-		
10	E3-Pesar	0,03063	0,02941	0,03268	-		
11	E4-MV	0,08477	0,03768	0,10276	-		
12	E5-Emb.	0,08474	0,08201	0,09079	-		
13	E6-Emul.	0,00908	0,01072	0,00812	-		
14	E7-Temp.	0,01201	0,01081	0,00901	-		
15	E8-Gr.	0,02093	0,02617	0,02326	-		
16	E9-Sep.	0,02609	0,02087	0,02609	-		
17	(=) Margem de contrib. fabril R$	0,43702	0,61478	0,59654	-		
18	(X) Quantidade vendida/mês	180.545	170.640	200.752	551.937		
19	(+) Vendas totais R$	956.888,50	1.255.910,40	1.252.692,48	3.465.491,38		
20	(–) Custo de matérias-primas R$	607.050,06	826.765,82	782.431,72	2.216.247,60		
21	(–) Tributos sobre vendas R$	192.717,34	252.940,35	252.292,27	697.949,96		
22	(–) Comissões de vendas R$	11.482,66	15.070,92	15.032,31	41.585,90		
23	(=) Margem de contrib. R$	145.638,43	161.133,30	202.936,18	509.707,92	Capacidade	Capacidade
24	(–) Custo fabril (método TDABC) R$	66.736,53	56.226,79	83.178,95	206.142,27	Utilizada (min.)	Instalada (min.)
25	E1-Trit.	3.913,41	7.397,42	8.702,81	20.013,63	9.233,29	11.616
26	E2-Moer	14.389,77	11.687,77	15.714,58	41.792,12	11.440,49	11.616
27	E3-Pesar	5.530,74	5.018,22	6.559,73	17.108,69	6.981,19	11.616
28	E4-MV	15.305,55	6.429,27	20.628,58	42.363,40	7.495,81	11.616
29	E5-Emb.	15.299,33	13.993,53	18.226,78	47.519,63	11.215,44	11.616
30	E6-Emul.	1.639,29	1.829,10	1.630,89	5.099,27	3.964,34	11.616
31	E7-Temp.	2.168,41	1.844,50	1.808,32	5.821,23	3.231,23	11.616
32	E8-Gr.	3.779,71	4.465,43	4.669,71	12.914,85	7.402,83	11.616
33	E9-Sep.	4.710,35	3.561,55	5.237,54	13.509,44	7.767,14	11.616
34	(=) Margem de contribuição fabril total R$	78.901,90	104.906,52	119.757,23	303.565,65		
35							
36							

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 matérias-primas, tributação sobre o faturamento, comissões incidentes sobre a venda e custo de transformação). Na sequência, com base no volume mensal vendido no mês pesquisado, foram calculados os valores da margem de contribuição fabril total (R$) dos produtos e o resultado operacional total (R$) da empresa. Além desses dados, também foram considerados na parametrização do Solver (no aplicativo Excel) os níveis das capacidades "utilizadas" e "instaladas" de cada etapa de produção (que já haviam sido mencionados na Tabela 1, em seção precedente).

Como ilustrado na Figura 1, o objetivo da simulação é a maximização da "Margem de contribuição fabril total (R$)", que ocupa a célula "E34" (destacada em preto). Para tanto, o volume a fabricar deveria envolver as "Quantidades vendidas/mês" dos produtos, que estão nas células "B18", "C18" e "D18" (vide destaque em vermelho) e foram parametrizadas na janela "Alterando Células Variáveis" do Solver.

É pertinente ressalvar que a "função objetivo" escolhida é a margem de contribuição fabril total, que envolve a dedução dos custos de transformação alocados pelo TDABC. Apesar envolver custos fabris (depreciação, salários, energia e manutenção) que permanecerão existindo mesmo quando a capacidade total disponível não for utilizada, é relevante destacar que o TDABC apura o custo por minuto (R$) desses fatores em cada atividade ou etapa fabril e os aloca aos produtos em proporção ao volume fabricado no período.

Contudo, a definição do *mix* ótimo, em termos de lucratividade, deve ser atrelado às restrições da capacidade instalada de produção das etapas fabris percorridas pelos produtos, cujos valores respectivos foram apurados anteriormente em termos de "minutos por unidade". Ou seja, a quantidade a produzir para otimizar o resultado de cada item deve gerar um consumo de tempo, no mês, que seja inferior à capacidade instalada das etapas de produção.

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 vermelhas) devem ser "números inteiros" (não se admitindo frações de produtos, por exemplo). A segunda modalidade de restrições indica que o volume total dos tempos de produção em cada etapa fabril (células verdes) não deve superar as capacidades instaladas respectivas (salientadas nas células azuis, coluna "G" da Figura 1).

Ao acionar o comando "Resolver" do Solver, se chegou ao cenário retratado na Tabela 4, onde o resultado operacional total do conjunto dos três produtos foi otimizado.

Tabela 4

Resultado no volume de maximização indicado pelo Solver – Cenário otimizado

Itens/Produtos	038-Mort.	115-Sals.	159-Ling.	TOTAL
Quantidade vendida/mês	36.300	562.650	-	598.950
(+) Vendas totais R$	192.390,00	4.141.104,00	-	4.333.494,00
(--) Custo de matérias-primas R$	122.052,22	2.726.088,76	-	2.848.140,98
(--) Tributos sobre vendas R$	38.747,35	834.018,35	-	872.765,69
(--) Comissões de vendas R$	2.308,68	49.693,25	-	52.001,93
(=) Margem de contribuição R$	29.281,76	531.303,64	-	560.585,40
(--) Custo de transformação (TDABC) R$	13.417,91	185.396,17	-	198.814,07
E1-Trit.	786,82	24.391,46	-	25.178,28
E2-Moer	2.893,18	38.538,01	-	41.431,19
E3-Pesar	1.112,00	16.546,54	-	17.658,53
E4-MV	3.077,30	21.199,19	-	24.276,49
E5-Emb.	3.076,05	46.140,76	-	49.216,81
E6-Emul.	329,59	6.031,06	-	6.360,65
E7-Temp.	435,98	6.081,86	-	6.517,83
E8-Gr.	759,94	14.723,84	-	15.483,78
E9-Sep.	947,05	11.743,46	-	12.690,51
(=) Margem de contribuição fabril total R$	15.863,85	345.907,48	-	361.771,33

Fonte: elaborada pelos autores.

A projeção oriunda do Solver indicou que os volumes a serem produzidos/vendidos para otimizar o resultado do período seriam de 36.300 unidades do produto “038-Mort.”, 562.650 itens do “115-Sals.” e nenhuma peça do “159-Ling.”, totalizando 598.950 unidades. Com isso, o valor do custo de transformação total alocado aos produtos passou para R$ 198.814,07 neste cenário otimizado (portanto, um valor menor que os R$ 206.142,27 apurados na situação inicial e, também, menor que o custo da capacidade instalada, que é de R$ 287.281,75).

Tendo em vista que os demais fatores (preço de venda, tributação, comissão e custo de matérias-primas) por unidade não foram alterados, somente houve mudanças nos valores totais destes pelos novos volumes sugeridos pelo Solver. Assim, as novas margens de contribuição fabris totais passaram a ser de R$ 15.863,85 (produto “038-Mort.”) e R$ 345.907,48 (produto “115-Sals.”), ocasionando o valor total de R$ 361.771,33 para o *mix* a ser produzido/vendido para otimizar o resultado fabril da empresa (sendo que o produto “159-Ling.” não deveria ser produzido, conforme recomendado pelo Solver). O referido valor de margem de contribuição conseguido nesse cenário otimizado equivale a 8,348% das vendas projetadas (R$ 4.333.494,00) e supera o valor anteriormente obtido, pois a margem de contribuição total era de R$ 303.565,65 (8,76% dos R$ 3.465.491,38 faturados).

Mas, por que ocorre essa mudança no resultado? A resposta dessa indagação está atrelada à metodologia que fundamenta o Solver, pois esta faz uma ponderação entre a capacidade consumida dos recursos finitos (neste caso, a capacidade instalada em termos de minutos) e a lucratividade máxima que cada produto poderia proporcionar, estando circunscrito a esse limite de capacidade operacional disponível.

Então, ao cogitar acerca do motivo que levou à priorização dos dois produtos (“038-Mort.” e “115-Sals.”) em detrimento do “159-Ling.”, cabe destacar os respectivos consumos das capacidades instaladas no posto operativo “E2-Moer”, que pode ser considerado o gargalo produtivo da empresa em tela, com base no *mix* produzido/vendido no mês pesquisado. Nessa direção, somente 175,51 minutos ficaram ociosos na situação inicial nesta etapa produtiva, equivalentes a 1,51% da capacidade instalada de 11.616 minutos.

Assim, ao se considerar o resultado máximo a obter pelos produtos quando utilizado esse tempo ocioso, ter-se-ia o quadro retratado na Tabela 5.

Tabela 5

Margem de contribuição por fator restritivo (capacidade ociosa) – Cenário otimizado		
Itens	115-Sals.	159-Ling.
a) Capacidade ociosa do setor "E2-Moer" na situação inicial (minutos)	175,51	175,51
b) Tempo gasto pelo produto no setor (minutos)	0,018750	0,021429
c = a / b) Quantidade fabricável nos minutos ociosos (unidades)	9.360,42	8.190,36
d) Margem de contribuição fabril unitária R$	0,61478	0,59654
e = c * d) Margem de contribuição fabril máxima possível R$	5.754,62	4.885,91

Fonte: elaborada pelos autores.

Cada unidade do “115-Sals.” consome 0,018750 minuto no setor “E2-Moer.”, enquanto o produto “159-Ling.” tem consumo de 0,021429 minuto na mesma etapa produtiva. Ao dividir a quantidade de minutos ociosos (a serem usados para fabricar um dos produtos), pelo tempo despendido pela fabricação respectiva, a quantidade máxima a fabricar seria de 9.360,42 unidades para o produto “115-Sals.”. Multiplicando-se esse volume pela margem de contribuição fabril unitária de R$ 0,61478 proporcionaria resultado total de R$ 5.754,62. Fazendo o mesmo procedimento de cálculo com o produto “159-Ling.”, seria obtida margem de contribuição total de R$ 4.885,91, o que justificaria a priorização do outro produto.

Se constata, então, que a prioridade deve ser dada ao item “115-Sals.” porque este gerará resultado (em R$) maior por fração de tempo consumida (minutos), uma vez que o Solver pondera também o consumo dos recursos pelos produtos (ou seja, a capacidade instalada, em minutos, no período). Nessa direção, a Tabela 6 registra os volumes de tempos consumidos da capacidade disponível na quantidade a produzir recomendada pelo Solver para otimizar o resultado.

Tabela 6

Capacidade utilizada (em Minutos) – Cenário otimizado				
Itens/Produtos	038-Mort.	115-Sals.	159-Ling.	TOTAL
a) Venda (unidades/mês)	36.300	562.650	-	598.950
b) Consumo em minutos por unidade				
E1-Trit.	0,01000	0,02000	0,02000	-
E2-Moer	0,02182	0,01875	0,02143	-
E3-Pesar	0,01250	0,01200	0,01333	-
E4-MV	0,01500	0,00667	0,01818	-
E5-Emb.	0,02000	0,01935	0,02143	-

E6-Emul.	0,00706	0,00833	0,00632	-
E7-Temp.	0,00667	0,00600	0,00500	-
E8-Gr.	0,01200	0,01500	0,01333	-
E9-Sep.	0,01500	0,01200	0,01500	-
c = a * b) Volume de minutos consumidos no período (capacidade utilizada)				
E1-Trit.	363,00	11.253,00	-	11.616,00
E2-Moer	792,00	10.549,69	-	11.341,69
E3-Pesar	453,75	6.751,80	-	7.205,55
E4-MV	544,50	3.751,00	-	4.295,50
E5-Emb.	726,00	10.890,00	-	11.616,00
E6-Emul.	256,24	4.688,75	-	4.944,99
E7-Temp.	242,00	3.375,90	-	3.617,90
E8-Gr.	435,60	8.439,75	-	8.875,35
E9-Sep.	544,50	6.751,80	-	7.296,30
Total	4.357,59	66.451,69	-	70.809,27

Fonte: elaborada pelos autores

A capacidade utilizada é obtida multiplicando-se o volume fabricado do item pelo respectivo tempo de fabricação. Ou seja, as 36.300 unidades do produto “038-Mort.” têm consumo de 0,01000 minuto por peça na etapa “E1-Trit.”, acarretando consumo total da capacidade instalada de 363 minutos no mês nessa parte da fábrica. Ao somar os minutos despendidos com os dois produtos, se percebe que a produção indicada pelo Solver em tal setor gastaria o total de 11.616 minutos no período (ou seja, consumiria toda a capacidade instalada).

A partir dessa capacidade consumida foi possível verificar os novos índices de ociosidade, como descrito na Tabela 7.

Tabela 7

Capacidade Utilizada, Instalada e Ociosa – Cenário otimizado

Etapas de Produção	Capacidade Utilizada	Capacidade Instalada	Capacidade Ociosa	Nível de ociosidade (%)	Taxa do custo de Capac. (R$/min.)	Custo da Capac. Ociosa R$
E1-Trit.	11.616,00	11.616	-	-	2,16755	-
E2-Moer	11.341,69	11.616	274,31	2,36%	3,65300	1.002,06
E3-Pesar	7.205,55	11.616	4.410,45	37,97%	2,45069	10.808,62
E4-MV	4.295,50	11.616	7.320,50	63,02%	5,65161	41.372,61
E5-Emb.	11.616,00	11.616	-	-	4,23698	-
E6-Emul.	4.944,99	11.616	6.671,01	57,43%	1,28628	8.580,82
E7-Temp.	3.617,90	11.616	7.998,10	68,85%	1,80155	14.408,98
E8-Gr.	8.875,35	11.616	2.740,65	23,59%	1,74458	4.781,29
E9-Sep.	7.296,30	11.616	4.319,70	37,19%	1,73931	7.513,29
Total	70.809,27	104.544	33.734,73	32,27%	-	88.467,68

Fonte: elaborada pelos autores.

No caso dos setores “E1-Trit.” e “E5-Emb.”, a capacidade utilizada (total de minutos gastos) foi igual à capacidade instalada (total de minutos disponíveis do expediente industrial). Assim, a ociosidade desses postos de trabalho seria zerada no cenário simulado para obter a maximização do resultado. Então, uma unidade ou um produto adicional aos volumes sugeridos pelo Solver não seria suportável no patamar de capacidade instalada nesses dois setores.

Outro ângulo de análise é a comparação entre os dois cenários, tanto em termos das capacidades ociosas (em minutos), quanto no caso dos valores alocados e ociosos. Nesse sentido, na Tabela 8 constam os tempos totais ociosos em cada etapa de produção.

Tabela 8

Comparativo das capacidades ociosas (em minutos) nos dois cenários

Etapas de produção	Cenário Inicial	Cenário Otimizado
E1-Trit.	2.382,71	-
E2-Moer	175,51	274,31
E3-Pesar	4.634,81	4.410,45
E4-MV	4.120,19	7.320,50
E5-Emb.	400,56	-
E6-Emul.	7.651,66	6.671,01
E7-Temp.	8.384,77	7.998,10
E8-Gr.	4.213,17	2.740,65
E9-Sep.	3.848,87	4.319,70
Total	35.812,24	33.734,73

Fonte: elaborada pelos autores.

No cenário inicial a capacidade ociosa totalizava 35.812,24 minutos, passando a ser de 33.734,73 minutos no cenário otimizado. Cabe salientar que no cenário maximizador seriam zerados os setores “E1-Trit.” e “E5-Emb.”, além de outros setores onde haveria redução no tempo ocioso. Contudo, o patamar de ociosidade aumentaria nas etapas “E2-Moer”, “E4-MV” e “E9-Sep.”.

Por outro prisma, ao confrontar os valores totais alocados e não alocados nas duas situações, se obteria o panorama deslindado na Tabela 9.

Tabela 9

Comparativo do custo total, custo alocado e custo ociosidade nos dois cenários

Itens	Cenário Inicial	Cenário Otimizado
a) Custo total do mês (R$)	287.281,75	287.281,75
b) Custo total alocado pelo TDABC R$	206.142,27	198.814,07
c = a - b) Custo não alocado pelo TDABC R$	81.139,48	88.467,68
d) Custo da capacidade ociosa R$	81.139,48	88.467,68
e = c - d) Diferença R$	-	-

Fonte: elaborada pelos autores.

No cenário inicial o custo alocado pelo TDABC aos produtos chegaria ao total de R$ 206.142,27, enquanto no cenário otimizado pelo Solver o valor alocado atingiria R$ 198.814,07. Portanto, o valor não alocado (que equivale ao montante do custo da capacidade ociosa) seria de R$ 88.467,68 no contexto simulado, perante os R$ 81.139,48 verificados no cenário inicial. Ou seja, o valor total da ociosidade aumenta no cenário otimizado, ao mesmo tempo que melhoraria o resultado total mensal (passaria de R$ 303.565,65 para R$ 361.771,33).

Esses achados são assemelhados aos apontados na pesquisa de Wernke e Ferrari (2026) que, mesmo versando sobre uso combinado do Solver com outro método

de custeio (UEP, no caso), evidenciaram a possibilidade de utilizar essas duas ferramentas combinadas com o intuito de projetar as quantidades a produzir para maximizar o resultado fabril.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O contexto descrito nas seções precedentes possibilitou alguns achados cuja relevância merece ser salientada.

O primeiro aspecto se refere às informações gerenciais proporcionadas, visto que os procedimentos para implementar o TDABC nessa indústria de carnes processadas disponibilizaram informes úteis aos gestores industriais. Nesse sentido, é válido mencionar a mensuração do custo de transformação unitário e total do *mix* produzido, o cálculo da margem de contribuição fabril unitária e total dos produtos, bem como a participação percentual das etapas produtivas no custo de transformação dos produtos (o que pode subsidiar decisões sobre terceirização, por exemplo).

Outro ponto a salientar diz respeito à determinação das capacidades instaladas, utilizadas e ociosas das etapas de produção (no caso, em minutos) e os respectivos valores monetários. Assim, são corroborados os benefícios elencados na literatura que discorre sobre a aplicabilidade do TDABC na mensuração da ociosidade (Kaplan & Anderson, 2007; Pereira et al., 2024).

O terceiro benefício a destacar é a comprovação de que o método TDABC é compatível à utilização do Solver com o fito de simular os volumes de produção que facultem maximizar o resultado operacional. Ou seja, em seção anterior foi demonstrada a viabilidade da parametrização do Solver com fundamento na base de dados utilizada na implementação desse modelo de custeio, desde que adequadamente configurados os volumes a ajustar, fatores de restrição de capacidade etc. Além disso, no contexto pesquisado, ao selecionar o objetivo de otimizar a margem de contribuição fabril total (R$) da empresa com o *mix* abrangido, levando em conta os limites das capacidades instaladas das nove etapas produtivas (em termos de minutos disponíveis), foi determinado o volume mais adequado das unidades a fabricar e vender para obtenção do melhor resultado operacional possível no mês. Esse patamar de produção está circunscrito aos limites da capacidade instalada de fabricação, individualmente determinado por setor fabril da empresa, o que foi comprovado com o cálculo do volume de unidades a ser produzido no período, a partir das quantidades sugeridas pelo Solver e seu alinhamento às capacidades instaladas de produção mensais de cada setor da fábrica. Assim, tais achados se coadunam com as pesquisas de Wernke e Ferrari (2026) e Souza e Borgert (2014), comentadas anteriormente.

O quarto aspecto a comentar é a aparente contradição de “maximizar o resultado”, mesmo “com aumento da ociosidade”, o que pode ser explicado pelo fato de que o Solver priorizou exclusivamente a melhoria da margem de contribuição fabril

total (função “Definir Objetivo”). E fez isso levando em conta as restrições indicadas (função “Sujeito às Restrições”) de que deveriam ser números inteiros (no caso das unidades a produzir) e que a capacidade utilizada (em minutos) fosse inferior à capacidade instalada (de 11.616 minutos) em cada uma das nove etapas de produção do processo industrial. Portanto, tal parametrização permitiu somente explorar esse roteiro, cujo destino não considerou a perspectiva de minimização da capacidade ociosa da realidade fabril pesquisada, o que pode ser objeto de pesquisas futuras sobre o uso do solver nesse contexto.

Cabe salientar também que nesta pesquisa foi priorizada a margem de contribuição fabril, o que pressupõe a dedução dos custos de transformação (apurados pelo TDABC) da margem de contribuição “tradicional”. Nesse rumo, o volume de produção e venda sugerido pelo Solver se restringiu somente ao aspecto de otimização da capacidade instalada no sentido de melhoria da lucratividade da empresa. Portanto, não foi avaliada a viabilidade comercial de priorizar determinados produtos em detrimento de outros.

Do ponto de vista gerencial e teórico, esta pesquisa contribuiu também ao evidenciar a viabilidade de utilizar conjuntamente o TDABC e o Solver com o intuito de indicar qual *mix* de produção pode otimizar o resultado da empresa, considerando a margem de contribuição fabril e não somente com base na margem de contribuição “tradicional”, como vem sendo exemplificado na literatura relacionada.

Por último, ao cotejar os achados com pesquisas anteriores assemelhadas, não foram encontradas aplicações na realidade de uma empresa fabril associando o Solver ao método TDABC com o fito de otimizar os resultados a partir da capacidade instalada em termos de minutos do período. Com isso, entende-se que há uma contribuição quanto à lacuna de investigação citada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão de pesquisa versou sobre o possível uso do Solver (Excel) na projeção do volume a fabricar para a otimização do resultado do *mix* de produtos de uma indústria de carnes processadas, considerando-se a restrição da capacidade disponível das etapas produtivas. Portanto, o estudo objetivou demonstrar a utilização conjunta do TDABC e do suplemento Solver (Excel) para projetar a quantidade ideal de produção visando a otimizar o resultado mensal, considerando as restrições das capacidades de produção (em minutos) das etapas fabris.

A partir do exposto nas seções precedentes, é possível concluir que a pergunta de pesquisa foi respondida e o objetivo pretendido foi alcançado, pois foram evidenciados os procedimentos cabíveis para efetuar a parametrização do Solver com os dados necessários para estimar as quantidades a fabricar dos produtos priorizados para a maximização do resultado operacional.

Nesse sentido, o *Time-driven Activity-based Costing* oferece informações relevantes sobre o custo dos produtos, bem como dados relativos às capacidades instaladas, utilizadas e ociosas das etapas industriais, o que pode fundamentar iniciativas para melhoria da lucratividade das operações.

Como contribuições de cunho prático, os achados oriundos deste estudo podem facultar:
a) A obtenção de informações sobre a lucratividade dos produtos vendidos, considerando-se as restrições das capacidades instaladas dos setores (em termos de minutos de trabalho disponíveis). Isso pode subsidiar decisões sobre quais produtos incentivar a comercialização por meio de, por exemplo, comissões de vendas com percentuais maiores para os itens mais rentáveis.
b) No contexto de restrição de capacidade instalada inferior à demanda de clientes, o fornecimento de subsídios para programar a produção de forma a priorizar o *mix* de itens que acarretará o melhor resultado possível naquela realidade industrial.

Pelo ângulo das possíveis contribuições teóricas, este estudo pode servir como:
1) Demonstração do uso concomitante do Solver com o método TDABC no contexto real de uma indústria de carnes processadas, visto que a pesquisa abrangeu detalhadamente os aspectos atrelados às capacidades de produção (disponíveis, utilizadas e ociosas) das etapas que formam o processo produtivo desta empresa. Desse modo, a efetiva associação do TDABC com o Solver foi evidenciada no cotidiano fabril dessa processadora de carnes, caracterizada por elevada complexidade do processo produtivo;
2) O caso relatado também evidencia a possibilidade de utilização do conceito de margem de contribuição fabril (com os custos de transformação alocados pelo TDABC), de modo distinto do relatado na literatura acerca da otimização de resultado pelo Solver, que geralmente tende a considerar somente a margem de contribuição apurada pela equação tradicional (que não abrange os custos fabris).
3) Apresentação de um estudo com potencial aplicabilidade em indústrias assemelhadas à fábrica analisada, o que para os gestores pode ser útil como roteiro para simulações de cenários com o fito de otimizar a lucratividade operacional a partir do *mix* de produção e vendas. Esse enfoque pragmático do estudo está alinhado ao pensamento de Baldvinsdottir et al. (2010) e Lukka (2010), especificamente no que tange à necessidade de mais publicações com essa abordagem.

A título de limitação, cabe salientar a peculiaridade de que todos os resultados derivam da confiabilidade dos tempos de produção utilizados, que podem conter inadequações ou não representar fielmente a realidade industrial abrangida. Além disso, suas conclusões se restringem ao contexto do estudo de caso reportado.

Como recomendação para estudos futuros, sugere-se comparar a aplicação do

Solver com outros métodos de custeio (como o UEP), de forma assemelhada ao efetuado nesta pesquisa (ou em outros cenários ou tipos de empresas), de modo a evidenciar possíveis divergências e/ou semelhanças nos procedimentos necessários e nos resultados decorrentes.

REFERÊNCIAS

ADIGÜZEL, H.; FLOROS, M. Capacity utilization analysis through time-driven ABC in a small-sized manufacturing company. International Journal of Productivity and Performance Management, v. 69, n. 1, p. 192-216, 2020.

AFONSO, P. S. L. P.; SANTANA, A. Application of the TDABC model in the logistics process using different capacity cost rates. Journal of Industrial Engineering and Management, v. 9, n. 5, p. 1003-1019, 2016.

ANTHONY, R. N.; GOVINDARAJAN, V. Sistemas de controle gerencial. São Paulo: Atlas, 2002.

BALDVINSDOTTIR, G.; MITCHELL, F.; NØRREKLIT, H. Issues in the relationship between theory and practice in management accounting. Management Accounting Research, v. 21, n. 2, p. 79-82, 2010.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. Pesquisa operacional para cursos de Engenharia. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2021.

BRUNI, A. L.; PAIXÃO, R. B. Excel aplicado à gestão empresarial. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CHOUDHERY, S. et al. Utilizing Time-Driven Activity-Based Costing to increase efficiency in ultrasound-guided breast biopsy practice. Journal of the American College of Radiology, v. 17, n. 1, p. 131-136, 2020.

GANORKAR, A. B.; LAKHE, R. R.; AGRAWAL, K. N. Methodology for application of Maynard Operation Sequence Technique (MOST) for time-driven activity-based costing (TDABC). International Journal of Productivity and Performance Management, v. 68, n. 1, p. 2-25, 2019.

GASSEN, G. et al. Proposta de um modelo de programação linear para otimização do planejamento agregado de produção de brocas para empresa multinacional. Revista Produção Online, v. 19, n. 1, p. 21-43, 2019.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HOOSE, A.; KRIPKA, M. Programação linear aplicada na indústria e suas conexões com os objetivos de desenvolvimento sustentável: uma revisão bibliométrica e sistemática. Revista Produção Online, v. 23, n. 3, e4866, 2023.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Custeio baseado em atividade e tempo. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

KAPLAN, R. S. Improving value with TDABC. Healthcare Financial Management, v. 68, n. 6, p. 76-83, 2014. Disponível em: <https://read.qxmd.com/read/24968629/improving-value-with-tdabc>. Acesso em: 29 jun. 2026.

KEEL, G. et al. Time-driven activity-based costing in health care: a systematic review of the literature. Health Policy, v. 121, n. 7, p. 755–763, 2017.

LUKKA, K. The roles and effects of paradigms in accounting research. Management Accounting Research, v. 21, n. 2, p. 110-115, 2010.

MICROSOFT. Definir e resolver um problema usando o Solver. 2026. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/definir-e-resolver-um-problema-usando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>. Acesso em: 25 jun. 2026.

MISONO, A. S.; OKLU, R.; PRABHAKAR, A. M. Time-Driven Activity-Based Costing trumps traditional cost accounting for radiologists. American Journal of Roentgenology, v. 204, n. 2, p. 55-64, 2015.

MORTAJI, S. T. H.; BAGHERPOUR, M.; MAZDEH, M. M. Fuzzy Time-Driven Activity-Based Costing. Engineering Management Journal, v. 25, n. 3, p. 63-73, 2014.

OYADOMARI, J. C. T. et al. Criação de conhecimento em práticas de controle gerencial: análise dos estudos internacionais. Advances in Scientific and Applied Accounting, v. 6, n. 1, p. 4-30, 2013.

PACASSA, F.; SCHULTZ, C. A. TDABC: uma proposta para implementação em um frigorífico de pequeno porte. In: Congresso Brasileiro de Custos, 23., 2016, Porto de Galinhas. Anais [...]. Porto de Galinhas: CBC, 2016.

PAGANO, R. M.; SCHULZ, C. A.; WALTER, F. O perfil da produção científica sobre a aplicação do TDABC. In: Congresso Brasileiro de Custos, 29., 2022, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: CBC, 2022.

PEREIRA, H. M.; WERNKE, R.; RITTA, C. de O. Aplicação do TDABC na avaliação da lucratividade de exames e do nível de ociosidade da tomografia computadorizada do setor de oncologia ginecológica. Revista Catarinense da Ciência Contábil, v. 23, e3449, p. 1-22, 2024.

PERNOT, E.; ROODHOOFT, F.; ABBEELE, A. V. den A. Time-Driven Activity-Based Costing for inter-library services: a case study in a university. The Journal of Academic Librarianship, v. 33, n. 5, p. 551–560, 2007.

PINENO, C. J. Simulation of the weighting of Balanced Scorecard Metrics including sustainability and Time-Driven ABC Based on the product life cycle. Management Accounting Quarterly, v. 13, n. 2, p. 21-38, 2012.

RATNATUNGA, J.; TSE, M. S. C.; BALACHANDRAN, K. R. Cost management in Sri Lanka: a case study on volume, activity and time as cost drivers. The International Journal of Accounting, v. 47, n. 3, p. 281–301, 2012.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

RUBIN, G. D. Costing in Radiology and Health Care: rationale, relativity, rudiments and realities. Radiology, v. 282, n. 2, p. 333–347, 2017.

SANTOS, J. N.; VALLIM, C. R. Programação linear na otimização de mix de serviços: um estudo de uma empresa de hotelaria. Contabilometria, v. 8, n. 2, p. 48-64, 2021.

SHANKAR, P. R.; HAYATGHAIBI, S. E.; ANZAI, Y. Time-driven activity-based costing in radiology: an overview. Journal of the American College of Radiology, v. 17, n. 1, p. 125-130, 2020.

SIGUENZA-GUZMAN, L. Time-driven Activity-based Costing systems for cataloguing processes: a case study. Liber Quarterly, v. 23, n. 2, p. 160–186, 2014.

SOUZA, F. R.; BORGERT, A. Tempo e unidade de rede: equivalência de produção em serviços de telecomunicações. In: Congresso Brasileiro de Custos, 30., 2014, Natal. Anais [...]. Natal: CBC, 2014.

WERNKE, R.; FERRARI, M. J. Utilização combinada do Solver e do método de custeio das unidades de esforço de produção (UEP) para otimizar a lucratividade fabril. ABCustos, v. 21, n. 1, p. 135–161, 2026. DOI: 10.47179/abcustos.v21i1.806.

WERNKE, R.; ZANIN, A.; RITTA, C. de O. Ociosidade fabril pelos métodos UEP e TDABC: valores monetários diferentes para volumes de horas ociosas iguais? Revista ABCustos, v. 17, n. 3, p. 121-148, 2022.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e método. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZANIN, A. et al. Custos hospitalares: aplicação dos métodos de custeio ABC e TDABC no processo de consulta médica. Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde, v. 15, n. 4, p. 16-35, 2018.

NOTAS

ENDEREÇO DE CORRESPONDÊNCIA DA PRINCIPAL AUTORIA.

Rua Antônio Philippi, 312 - CEP 88.730-000 - São Ludgero (SC).

AGRADECIMENTOS

Sem agradecimentos a constar no texto.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Conceitualização: R. WERNKE, M. J. FERRARI
Coleta de dados: R. WERNKE
Análise de dados: R. WERNKE, M. J. FERRARI
Discussão dos resultados: R. WERNKE, M. J. FERRARI
Metodologia: R. WERNKE, M. J. FERRARI
Redação: R. WERNKE, M. J. FERRARI

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES

Não se aplica.

USO DE INTELIGÊNCIA

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

As autorias cedem à Revista IJIE- Iberoamerican Journal of Industrial Engineering os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 International. Essa licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo

o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. As autorias têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina . Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade das pessoas autoras, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

EDITORES

Profa. Dra. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic

HISTÓRICO

Recebido em: 29-06-2026
Aprovado em: 28-10-2026