



MODELO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE AÇÕES GERENCIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA

MULTI-CRITERIA MODEL FOR PRIORITIZING MANAGEMENT ACTIONS: CASE STUDY IN A SUGAR ENERGY INDUSTRY

MODELO MULTICRITERIO PARA LA PRIORIZACIÓN DE ACCIONES DE GESTIÓN: ESTUDIO DE CASO EN UNA INDUSTRIA AZUCARERA Y ENERGÉTICA

Elenilson Rivando dos Santos ¹

¹Universidade Federal de Alagoas - UFAL

¹elenilsonrivando@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 24.02.2025

Aprovado: 22.04.2025

Disponibilizado: 22.05.2025

PALAVRAS-CHAVE: Armazém; Decisão multicritério; Prométhée.

KEYWORDS: Warehouse; multicriteria decision; Prométhée.

PALABRAS CLAVE: Almacenamiento; Decisión multicriterio; Prométhée.

*Autor Correspondente: Santos, E. R. dos.

RESUMO

Para gerar vantagem competitiva, indústrias sucroenergéticas (IS) buscam procedimentos e tecnologias que sejam capazes de promover melhorias contínuas em seu processo, principalmente na gestão logística e no armazenamento de seus produtos, como o açúcar que está implicitamente ligado a segurança alimentar. Assim, o objetivo deste trabalho é propor um modelo de apoio à decisão multicritério alinhado as expectativas da gestão logística e das atividades inerentes ao ensacamento, armazenamento e distribuição do açúcar de uma usina situada no Nordeste brasileiro. Foi utilizado o método PROMETHEE para avaliar o problema e ordenar as alternativas de acordo com as preferências do decisor, obtendo assim um ranking com quinze posições para as alternativas que seriam aplicadas na gestão logística da indústria, sendo as três primeiras: criação de uma gestão de alérgenos, acompanhamento diário do inventário e o controle das especificações do açúcar. As alternativas ordenadas começaram a ser aplicadas na safra de 2022/2023 na indústria, tendo um resultado satisfatório e boa adesão aos demais setores dela.

ABSTRACT

To generate competitive advantage, sugar and ethanol industries seek procedures and technologies that can promote continuous improvements in their processes, especially in logistics management and storage of their products, such as sugar, which is implicitly linked to food safety. Thus, the objective of this work is to propose a multicriteria decision support model aligned with the expectations of logistics management and the activities inherent to the bagging, storage, and distribution of sugar from a plant located in northeastern Brazil. The PROMETHÉE method was used to evaluate the problem and order the alternatives according to the decision maker's preferences, thus obtaining a ranking with fifteen positions for the alternatives that would be applied in the industry's logistics management, the first three being: creation of an allergen management system, daily inventory monitoring, and control of sugar specifications. The ordered alternatives began to be applied in the 2022/2023 harvest in the industry, with satisfactory results and good adherence by other sectors.

RESUMEN

Para generar ventaja competitiva, las industrias azucareras y energéticas buscan procedimientos y tecnologías que sean capaces de promover mejoras continuas en sus procesos, principalmente en la gestión logística y almacenamiento de sus productos, como el azúcar, lo cual está implícitamente ligado a la seguridad alimentaria. Así, el objetivo de este trabajo es proponer un modelo de apoyo a la decisión multicriterio alineado a las expectativas de gestión logística y de las actividades inherentes al ensacado, almacenamiento y distribución de azúcar de una planta ubicada en el nordeste de Brasil. Se utilizó el método PROMETHÉE para evaluar el problema y ordenar las alternativas de acuerdo con las preferencias del decisor, obteniendo así un ranking con quince posiciones para las alternativas que se aplicarían en la gestión logística de la industria, siendo las tres primeras: creación de un sistema de gestión de alérgenos, monitoreo diario de inventarios y control de especificaciones de azúcar. Las alternativas ordenadas comenzaron a aplicarse en la zafra 2022/2023 en la industria, con resultados satisfactorios y buena adopción por parte de otros sectores.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, e por conta disso o setor sucroenergético acaba possuindo um fator de impacto na economia brasileira, pois a cadeia produtiva se inicia no cultivo da cana até a comercialização dos produtos (como etanol, bioeletricidade e açúcar) e subprodutos (vinhaça e CO₂ da fermentação) (CEPEA, 2022).

Dentre os produtos, destacam-se a variedade de açúcares que são produzidos a partir da cana-de-açúcar, tais como cristal, refinado, demerara, VHP e ainda o açúcar líquido invertido. Nesse contexto, o armazenamento do açúcar é uma das operações unitárias que mais apresenta fator competitivo quando relacionada com outras usinas, já que essa etapa é responsável também pela garantia da qualidade do produto e ainda pela distribuição do mesmo (Novaes, 2007; Teixeira et al., 2023).

Os açúcares são alimentos classificados como não perecíveis, uma vez que podem ser armazenados por longos períodos, normalmente 24 meses. Além disso, o açúcar pode ser conservado em temperaturas que variam de 24 a 30° C (Silva, 2012; Block et al., 2017). Igualmente, as condições de armazenamento do produto ainda na indústria produtora podem fazer com que ele perca qualidade, causando o empedramento, aumento da umidade e redução da Pol (Caldas, 2012; Block et al., 2017).

A armazenagem representa um recurso dentro da organização que possibilita a vantagem competitiva no que diz respeito à diferenciação de seus produtos quando relacionando com a concorrência. Além disso, representa a estocagem dos produtos e matéria-prima e no setor sucroenergético faz com que esteja aliada diretamente com a qualidade do produto e a forma como ele chega para o cliente final (Ballou, 2012; Caldas, 2012).

Ao longo dos anos, as usinas passaram a utilizar novas tendências de tecnologia que integram a cadeia produtora desde a captação de insumos até a entrega dos produtos, atividade comum em indústrias alimentícias, pois fazem com que o setor se fortaleça e gere melhor eficiência e produtividade (Oliveira, 2005; Teixeira et al., 2023). As operações de um armazém precisam ser realizadas de modo que ocorra a redução de custos operacionais e logísticos na cadeia produtiva (Santos et al., 2021).

Para que o setor de armazenagem de uma usina sucroenergética seja mais bem gerenciado, diversas são as ações e alternativas de melhorias que podem ser utilizadas para o ensacamento, armazenamento e distribuição do açúcar, a depender, claro, das especificações de cada usina e do mercado. A partir disso, torna-se necessário gerenciar tais alternativas de modo que os objetivos estratégicos sejam alcançados no médio e longo prazo (Castro & Souza, 2014; Teixeira et al., 2023).

Para que essas alternativas sejam consideradas em um contexto industrial, é necessário que a gestão delas seja realizada de maneira eficiente e com eficácia para que a tomada de decisão seja realizada de maneira correta, priorizando as ações que devem ser realizadas no curto, médio e longo prazo e, que assim, sejam evitados riscos desnecessários (Almeida, 2013; Teixeira et al., 2023).

O processo de tomada de decisão gerencial é caracterizado como aquele que tem por finalidade a identificação de oportunidades para solucionar problemas a partir de alternativas,

ainda que tais decisões pareçam possuir certa simplicidade, mas que ao analisar a fundo podem ser complexas e possuírem consequências que precisam ser consideradas (Govidan & Jepsen, 2016).

Diversos são os Métodos de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) que podem ser utilizados nas organizações a depender do seu contexto, como é o caso daqueles que apresentam diferenciação entre as alternativas que estão sendo consideradas para o problema, gerando um *ranking* de ordenação das alternativas e escolhendo aquelas que melhor se adequam ao tempo de sua realização e ao processo (Almeida, 2013; Konstenko et al., 2014).

Sendo assim, o objetivo do trabalho é propor um modelo de apoio à decisão multicritério, por meio da estruturação de problemas recorrentes existentes no processo de armazenamento e distribuição do açúcar de uma indústria sucroenergética (IS) situada na região Nordeste do Brasil, criando um *ranking* de alternativas de melhoria para priorizar aquelas que devem ser utilizadas no setor de ensacamento e no armazém.

REFERENCIAL TEÓRICO

DECISÃO MULTICRITÉRIO E O MÉTODO PROMÉTHÉE

Quando se tem um cenário de decisão onde existem pelo menos duas alternativas a serem consideradas, tem-se aí um problema de decisão, sendo necessário escolher ou ordenar tais alternativas de modo que a resolução esteja o mais alinhada possível do objetivo geral para a decisão (Almeida, 2013; Teixeira et al., 2023). Os MCDAs dão suporte para que os decisores avaliem e ponderem os critérios e alternativas, para que o que for escolhido esteja de acordo com o objetivo geral, que seriam maximizar ou minimizar uma solução em um determinado contexto (Block et al., 2017).

Tais métodos são utilizados de acordo com o processo que está sendo analisado e com o problema que precisa de uma solução. Almeida (2013) determina que os problemas para serem solucionados precisam ser de classificação, ordenação, descrição ou escolha, e muitas vezes é subjetivo, pois preconiza as preferências individuais do decisor e como o seu julgamento analítico de adequa ao processo (Ensslin et al., 2010; Teixeira et al., 2023).

Dentre os MCDAs, quando se tem um problema com uma seleção de alternativas onde todas serão opções para a realização do problema, torna-se necessário ordená-las de modo que essas sejam avaliadas em momentos e cenários específicos para a resolução do problema em questão (Gomes & Gomes, 2019). Os métodos da família PROMETHEE estão alinhados com essa fundamentação e foram idealizados na Escola Francesa por Brans (1982) através de uma sobreclassificação derivada da metodologia ELECTRE (Govidan & Jepsen, 2016).

A construção de um modelo com o método PROMETHEE é feita em duas etapas, sendo a primeira atrelada à construção da relação de sobreclassificação com um agregado de informações que estão disponíveis sobre a lista de alternativas e critérios, e a segunda etapa diz respeito à possibilidade de se explorar a relação que dá suporte à tomada de decisão (Brans, 1982). Para tal, o método faz uma decomposição hierárquica da lista de alternativas, elencando-as em uma ordenação que rege o curto, médio e longo prazo (Gomes & Gomes, 2019).

Existem seis formas de utilizar o método PROMETHEE que variam de acordo com o contexto do processo decisório. No tipo II, ocorre uma classificação das alternativas que estão disponíveis para a solução do problema, através de uma lista decrescente (Brans & Smet, 2016). A preferência do decisor aumenta a partir da diferença do desempenho geral de cada alternativa para os critérios, construindo uma função $F(a, b)$ que assume valores entre 0 e 1.

O PROMETHEE II faz uso de uma abordagem que é não compensatória, com uma análise intercritério que verifica o grau de importância para cada um dos critérios, comparando-os posteriormente com uma avaliação intracritério, gerando uma ordenação das alternativas de modo líquido (Almeida, 2013). Para que a análise seja feita de modo assertivo, o decisor precisa atribuir pesos para cada um dos critérios, por esse motivo o método apresenta certa subjetividade para cada contexto, o que garante a sua aplicação de maneira ótima para a tomada de decisão (Brans & Smet, 2016). O método é de fácil utilização, porém poucos são os estudos que o utilizam para processos de gerenciamento logístico, que não seja a localização de pontos de coleta, ou ainda a roteirização, sendo mais utilizado atualmente para a seleção de fornecedores em IS (Anojkumar et al., 2016).

LOGÍSTICA DO AÇÚCAR

O açúcar é um dos produtos derivados do agronegócio que possui ótimo valor agregado, principalmente por ser uma *commodity* agrícola, comercializado em grande quantidade em exportações, principalmente por ser matéria-prima para indústria alimentícia, farmacêutica e ainda de construção civil (Lima et al., 2019). A alta demanda pelos produtos oriundos de uma IS faz com que a oferta não consiga acompanhar o ritmo, em função da falta de investimento e inovação não só nos processos produtivos, como também nas etapas de armazenamento e distribuição (CONAB, 2022).

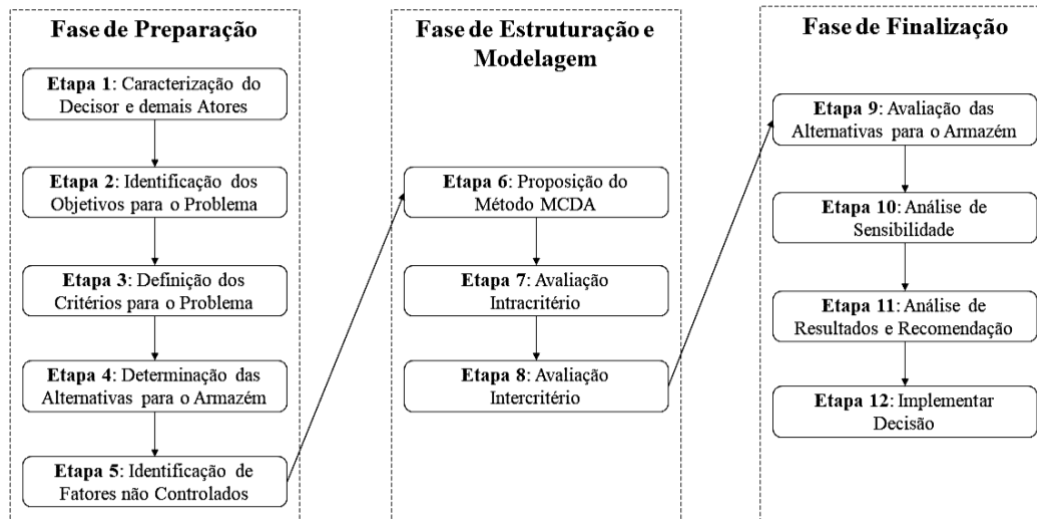
O açúcar possui uma validade geralmente de até dois anos quando conservado em temperatura ambiente (Silva, 2012), e na indústria esse pode ser armazenado em sacas, *big-bags* ou ainda a granel, o que impacta diretamente na qualidade do produto que será comercializado principalmente por conta do aumento da umidade uma vez que o açúcar é higroscópico. Aumento na umidade do produto e do ambiente de armazenamento pode causar o empedramento do produto e ainda pode contribuir para a proliferação de bactérias que, conseqüentemente, causa à inversão da sacarose e, logo, a mudança na coloração do açúcar e sua doçura (Caldas, 2012; Rocha et al., 2014).

Quanto à distribuição do açúcar, os modais mais utilizados são o rodoviário e ferroviário em âmbito nacional, e aquaviário quando exportado (Ballou, 2012). Para os dois primeiros é necessário tomar cuidado com aspectos climáticos que podem fazer com que ocorra o ganho de umidade no produto, fazendo com que a sua qualidade diminua, enquanto que o último modal é mais delicado, uma vez necessita de longos períodos para que seja concluída a entrega de uma carga, diminuindo o valor de mercado do produto por ser uma *commodity* e ainda por favorecer o empedramento do produto por conta da variação de temperatura causada pela água e o material usado no casco do navio (Caldas, 2012; Rocha et al., 2014).

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa e proposição do modelo foi realizada de acordo com as etapas descritas por Almeida (2013) (Figura 1). Inicialmente foram caracterizados o decisor e demais atores tomadores de decisão no processo gerencial do armazém, que seriam os: coordenador de logística; líder de encaamento; líder de carregamento; e o estagiário em Engenharia de Produção. Após, a segunda etapa consistiu na identificação dos objetivos.

Figura 1. Etapas para proposição do modelo multicritério para apoio a tomada de decisão desta pesquisa



Fonte: Santos (2022).

Posteriormente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os principais aspectos atrelados ao ensacamento e armazenamento de açúcares refinado, cristal e VHP. Após, foram realizadas reuniões com os atores tomadores de decisão e, com isso, foi optado por realizar um estudo de caso com os dados obtidos nas entrevistas com os decisores.

O estudo de caso foi realizado em uma IS localizada no Nordeste brasileiro e o objetivo é criar um modelo que auxilie na tomada de decisão das alternativas que precisam ser postas em prática no setor de ensacamento e armazenamento. Por se tratar de um problema de ordenação, as etapas 3 e 4 consistiram na definição dos critérios a serem maximizados e minimizados e na determinação das alternativas que seriam aplicadas no armazém. Com isso, na etapa 5 não foram identificados os fatores não controlados para a resolução do problema, sendo determinados apenas variáveis determinísticas, não havendo a existência de estados da natureza influenciando diretamente o modelo (Almeida, 2013).

A etapa 6 consistiu na proposição do método, que ao estruturar o modelo, foi determinado que seria utilizado o PROMETHEE II, que ordena uma seleção de alternativas com a realização de avaliações intracritério e intercritério. Com a determinação das alternativas, as etapas 7, 8, 9 foram realizadas a partir da implementação do método PROMETHEE II com os dados obtidos no *software* Visual PROMETHEE (Visual PROMETHEE, 2013).

Ao passar pelo *software*, o resultado foi uma lista ordenando de forma decrescente as quinze alternativas a serem implementadas no armazém, após a geração dessa lista, foi feita uma análise de sensibilidade (etapa 10) variando os parâmetros de entrada e verificando a consistência e aderência dos resultados obtidos. Após a análise, a etapa 11 consistiu em verificar os resultados e recomendá-los para os decisores, sendo feita a implementação parcial da decisão já na safra 2022/2023 da usina.

ESTUDO DE CASO

Foi realizado no setor de armazém da IS, onde algumas alternativas deveriam ser levadas em consideração para serem implementadas ao processo produtivo. De acordo com o método PROMETHEE II, após a definição dos objetivos do modelo, foram definidos também os critérios que precisariam ser considerados, levando em conta as discussões entre o decisor e os atores tomadores de decisão do processo. Foram determinados oito critérios que estão relacionados aos aspectos organizacional, financeiro e técnico da IS (Quadro 1).

Quadro 1. Descrição dos critérios determinados para o modelo

Critérios	Descrição
Financeiro	
C1	Custo operacional e de manutenção
	Custos indiretos para manter as atividades do armazém e eventuais manutenções
C2	Custo de investimento
	Custo inicial para o planejamento e implementação de uma alternativa
Técnicos	
C3	Qualidade
	Garantia das especificações do produto
C4	Velocidade
	Redução dos prazos no armazenamento e na distribuição
C5	Aderência ao processo
	Grau de aderência e resistência dos colaboradores frente à novos processos e atividades
C6	Adaptabilidade
	Cumprimento de normas para boas práticas de fabricação em gestão de alimentos
Organizacionais	
C7	Funcionalidade
	Simplicidade operacional sem interferir em outras atividades e operações
C8	Credibilidade
	Cumprimento das atividades no tempo certo para garantir melhoramento da “imagem” para os clientes internos e externos

Fonte: Adaptado de Santos (2022).

Cada critério possuiu uma escala específica de desempenho para aquele aspecto, tendo sido determinada a partir de uma pesquisa bibliográfica prévia acerca de métodos de melhoria contínua que possam ser aplicados a sistemas logísticos e que possuam aderência em uma IS, e também levando em consideração que os critérios selecionados são não compensatórios, logo a melhoria de um critério não irá compensar um resultado negativo proveniente da avaliação de outro critério empregado (Caldas, 2012; Almeida, 2013).

Após a definição dos critérios para o problema de decisão, a próxima etapa foi de determinação das alternativas a serem avaliadas e ordenadas para o problema. Dentro do método PROMETHEE II, os dados foram coletados tendo como base uma pesquisa bibliográfica sobre gestão estratégica de armazenamento e distribuição de açúcar bem, como por meio de discussão e entrevista com os atores tomadores de decisão (Quadro 2).

Quadro 2. Descrição das alternativas determinadas para o modelo

Alternativas	Descrição
A1	Capacitação
	Capacitar os colaboradores que não possuem qualificação específica para atividades logísticas e de segurança de alimentos
A2	Colaboradores
	Contratar pessoal suficiente para os três turnos sem que haja fadiga entre os colaboradores, melhorando a organização do trabalho
A3	Aluguel de armazéns
	Contratação temporária de armazéns infláveis a depender da taxa de escoamento dos produtos
A4	Construção de armazéns
	Construção de armazéns nas dependências da usina durante a entressafra e com dimensões e layout capazes de suprir a capacidade produtiva da fábrica
A5	Produção
	Modificar o processo de produção para uma rotina de produção empurra, prevendo a demanda ao menos do mercado interno
A6	Embalagens
	Controle do quantitativo de embalagens de acordo com a lógica do <i>Material Requirements Planning</i> (MRP) e a rastreabilidade dos produtos
A7	Produção enxuta
	Modificar o planejamento sociotécnico do setor, utilizando metodologias ágeis

A8	Temperatura	Criar procedimento operacional padrão para garantir o controle da temperatura tanto do ensacamento quanto nos ambientes de armazenamento do açúcar, evitando empedramento
A9	Controle das especificações	Contratar um técnico de alimentos para verificar e propor soluções a partir das especificações do produto em tempo real
A10	Gestão de alérgenos	Plano de gerenciamento de controle e avaliação dos riscos ambientais referentes à contaminação cruzada no ensacamento e nos armazéns, determinando medidas que mitiguem estes riscos
A11	Informatização	Sistema de cadastro para os motoristas, garantindo a rastreabilidade das cargas para minimizar riscos de contaminação
A12	Inventário	Conferência e contagem diária dos estoques
A13	Movimentação interna	Diminuir a necessidade de realocar produtos entre os armazéns da usina
A14	Armazenagem	Condicionamento do ambiente para garantir a integridade dos estoques
A15	Distribuição	Agendamento para a coleta e distribuição dos produtos de acordo com a clientela e às exportações

Fonte: Adaptado de Santos (2022).

Para que o método seja implementado ao problema de decisão, o decisor precisa definir uma preferência por cada critério, atribuindo pesos para eles (Almeida, 2013). Para tal, foi realizada uma discussão com o decisor e demais atores atribuindo notas para os oito critérios que somadas dão um total de 1, sendo definidos pesos para cada critério (Tabela 1).

Tabela 1. Peso e ordenação para os oito critérios determinados para o modelo

Ordem	Critério	Peso	Objetivo	
1º	C3	Qualidade	0,30	Maximizar
	C8	Credibilidade	0,30	Maximizar
2º	C5	Aderência ao processo	0,12	Maximizar
	C6	Adaptabilidade	0,10	Maximizar
3º	C2	Custo de investimento	0,10	Maximizar
	C1	Custo operacional e de manutenção	0,05	Minimizar
4º	C4	Velocidade	0,02	Maximizar
5º	C7	Funcionalidade	0,01	Maximizar

Fonte: Adaptado de Santos (2022).

Feito isso, os dados foram inseridos no *software* Visual PROMETHEE (Visual PROMETHEE, 2013), sendo aplicado o método II referente à ordenação decrescente entre as alternativas disponíveis para o problema de priorização das ações na IS (Figura 2).

Figura 2. Elicitação e ordenação das alternativas após aplicação no Visual PROMETHEE

PROMETHEE Flow Table

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Gestão de Alérgenos	0,4743	0,5764	0,1021
2	Inventário	0,4071	0,5300	0,1229
3	Especificações	0,3293	0,5114	0,1821
4	Distribuição	0,3207	0,4914	0,1707
5	Temperatura	0,1886	0,4471	0,2586
6	Informatização	0,0236	0,4057	0,3821
7	Armazenagem	-0,0050	0,3393	0,3443
8	Produção Enxuta	-0,0157	0,3371	0,3529
9	Produção	-0,0586	0,3443	0,4029
10	Movimentação	-0,0614	0,3443	0,4057
11	Armazém Próprio	-0,1193	0,2900	0,4093
12	Capacitação	-0,2186	0,2900	0,5086
13	Colaboradores	-0,2900	0,2579	0,5479
14	Embalagens	-0,3757	0,1986	0,5743
15	Armazéns Alugados	-0,5993	0,1143	0,7136

Fonte: Santos (2022).

A partir dos resultados obtidos, nota-se uma variação nos valores dos fluxos, aspecto este relacionado ao próprio método II, mas que não trazem grandes interferências na proposição do modelo. A ordenação das alternativas é uma sugestão para a gestão do setor de armazém da IS, dando suporte ao decisor no momento de tomar a decisão.

Do ponto de vista da aplicação do método, os termos obtidos no *software* Visual PROMETHEE (Visual PROMETHEE, 2013) expressos em ϕ , ϕ^+ e ϕ^- dizem respeito às preferências do decisor e demais atores a cada uma das alternativas, tendo como base os critérios que foram estabelecidos anteriormente. O índice positivo basicamente soma os pesos dos critérios e os relaciona de acordo com a quantidade de vezes que determinada alternativa é melhor do que as demais, ou seja, é expressa o quanto uma alternativa é mais bem preferida em relação às demais (Almeida, 2013; Almeida et al., 2016).

Já o ϕ^- é o oposto e a sua medida diz respeito à soma das vezes em que uma alternativa é menos preferida quando comparada com as demais (Almeida, 2013), e quanto menor for esse valor, mais chances a alternativa tem de vencer as outras. Por fim, o ϕ é a preferência líquida do decisor, ou seja, é a partir desse índice que o *software* realiza a ordenação das alternativas, aquela alternativa foi mais bem preferida e perdeu menos durante a elicitação.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

No MCDA proposto, foi feita a análise de sensibilidade do método, para verificar a robustez da solução que fora proposta para o problema, sendo realizada a partir da variação de parâmetros utilizados na determinação dos pesos dos critérios (Almeida et al., 2016).

Para tal, um dos atores de decisão do processo que possuía como atribuições a elaboração de um projeto de melhoria contínua de *Lean Six Sigma* para o armazém alterou a pontuação dos pesos dos critérios de acordo com a sua preferência, sendo feita uma modificação de 14,3% e 20% para mais nos valores dos critérios de qualidade e aderência ao processo, alinhados ao projeto de manufatura, alternando para menos o peso de critério de custos.

A Figura 3 apresenta a ordenação das alternativas após a segunda elicitação e com a variação nos valores dos pesos para os critérios. Ainda que tenha ocorrido a variação dos pesos, os valores finais dos fluxos líquidos não obtiveram muita variação quando comparados com os da simulação proveniente das preferências do decisor, ao menos duas alternativas trocaram de lugar, sendo elas a A8 e A11 que estão relacionadas ao controle da temperatura dos ambientes de armazenamento e a informatização do processo de carregamento e rastreabilidade das cargas de açúcar.

Figura 3. Elicitação e ordenação das alternativas após mudança nos pesos dos critérios e aplicação no Visual PROMETHEE

PROMETHEE Flow Table

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Gestão de Alérgenos	0,5093	0,5829	0,0736
2	Inventário	0,4029	0,5193	0,1164
3	Especificações	0,3393	0,5086	0,1693
4	Temperatura	0,2850	0,4821	0,1971
5	Distribuição	0,2743	0,4550	0,1807
6	Armazenagem	0,0557	0,3529	0,2971
7	Produção Enxuta	-0,0243	0,3207	0,3450
8	Informatização	-0,0293	0,3807	0,4100
9	Armazém Próprio	-0,0407	0,3129	0,3536
10	Produção	-0,0700	0,3343	0,4043
11	Movimentação	-0,0707	0,3336	0,4043
12	Capacitação	-0,2229	0,2829	0,5057
13	Colaboradores	-0,2907	0,2500	0,5407
14	Embalagens	-0,3950	0,1843	0,5793
15	Armazéns Alugados	-0,7229	0,0493	0,7721

Fonte: Santos (2022).

O Quadro 3 apresenta um comparativo na ordenação entre as duas simulações realizadas no estudo, sendo a primeira simulação aquela que está de acordo com as preferências do decisor e a segunda simulação que fora realizada a partir da variação dos pesos para os critérios selecionados pelo ator de decisão.

Quadro 3. Comparativo das alternativas após as duas elicitações no Visual PROMETHEE

Ordem	Preferência do decisor	Cenário onde ocorreu mudança nos pesos dos critérios
1	A10	A10
2	A12	A12
3	A9	A9
4	A15	A8
5	A8	A15
6	A11	A14
7	A14	A7
8	A7	A11
9	A5	A4
10	A13	A5
11	A4	A13
12	A1	A1
13	A2	A2
14	A6	A6
15	A3	A3

Fonte: Adaptado de Santos (2022).

As três primeiras alternativas mantiveram as suas posições no *ranking* em ambas as elicitações, indicando que estas alternativas devem ser implementadas de imediato para que a melhoria organizacional do setor seja alcançada. Enquanto as quatro últimas alternativas aparecem nas mesmas posições em ambos os cenários, um forte indicativo de que o modelo converge para o resultado obtido por apresentar boa robustez (Almeida, 2013; Almeida et al., 2016; Teixeira et al., 2023).

RECOMENDAÇÕES APÓS ELICITAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO

A última etapa consistiu em aplicar a solução recomendada na organização do armazém no início da safra, pois estavam condizentes com a declaração de preferência do decisor. Tanto de acordo com a preferência do decisor, quanto de acordo com a alteração dos pesos dos critérios, as três primeiras alternativas a serem postas em prática foram A10, A12 e A9.

O maior fluxo líquido (ϕ) foi para a alternativa A10, destacando não só a importância da criação de uma gestão estratégia sobre os pontos críticos de uma IS, quanto o início para um controle mais sistemático e que seja de acordo com a segurança alimentar prevista na Norma FSSC 22.000 (Botelho & Oliveira, 2019). Essa alternativa está ligada intrinsecamente a A9, uma vez que ao lidar com alimentos é necessário garantir sempre um melhor controle e monitoramento analítico referente às especificidades dos produtos armazenados, pois são esses fatores que garantem a qualidade do produto antes, durante e após a sua comercialização (Caldas, 2012; Rocha et al., 2015).

A segunda alternativa do *ranking* foi a de instaurar um novo sistema de inventário, para garantir a acuracidade dos estoques de maneira periódica e sistemática, facilitando então a diminuição de perdas e melhorando as informações sobre o quantitativo de produtos acabados, e ainda garantindo uma melhor otimização dos espaços que estão disponíveis para a estocagem. Além disso, já para o início da safra, o decisor levou em consideração a implementação também da alternativa A7, pois seria necessário que a produção do setor começasse a respeitar metodologias ágeis capazes de garantir a produção enxuta, fazendo com que tais ferramentas trouxessem melhoria contínua para o armazém e já fosse sendo feita uma análise da aderência das alternativas.

No fim, o modelo foi apenas um complemento para a tomada de decisão, uma vez que todas as alternativas seriam postas em prática, mas como o setor estava passando por uma reestruturação e como não é possível aplicar todas de uma vez por questões orçamentárias, surgiu a necessidade de ordená-las de modo que suas aplicações fossem de tempos em tempos. Também, o MDCA proposto não foi um modelo perfeito, por assim dizer, para a resolução do problema que era a gestão do armazém, mas demonstrou utilidade para dar suporte na tomada de decisão de maneira assertiva e prática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho foi propor um modelo que desse suporte à tomada de decisão na gestão de um armazém de uma IS. O modelo desenvolvido apresenta um ranking ordenando as alternativas que seriam postas em prática na safra e no período de entressafra e por demonstrar robustez de resultados, forneceu informações capazes de auxiliar o tomador de decisão do setor, possibilitando com que o modelo possa ser implantado em outras unidades da empresa.

De modo geral, as alternativas A10, A12 e A9 foram as que ocuparam as primeiras colocações da ordenação e nesse sentido foram escolhidas pelo decisor do setor para serem postas em prática ainda durante a safra de 2022/2023, pois apresentaram garantia de melhoria nos critérios de aderência, qualidade e credibilidade, especificidades essas mais alinhadas ao planejamento estratégico da IS.

Enquanto isso, no médio prazo como o custo de investimento para pôr em prática as três primeiras alternativas foi baixo, houve um favorecimento para dar sequência no desenvolvimento de um planejamento operacional no setor, ou seja, a recomendação do modelo foi atendida e alinhada às preferências direta do decisor.

Por fim, ao elaborar o modelo e propor as alternativas para o armazém, foi verificado que existe a possibilidade de realização de novos trabalhos sobre o tema abordado, principalmente em função da escassez de estudos que utilizem metodologias de apoio à tomada de decisão em indústrias de médio prazo que sejam produtoras de açúcar, deixando evidente que a aplicabilidade de tal modelo pode ser replicada em função dos resultados satisfatórios aqui descritos.

REFERÊNCIAS

- Almeida, A. T. de. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo modelos de multicritério*. São Paulo: Atlas.
- Almeida, A. T., Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., & Almeida-Filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 179-191.
- Anojkumar, L., Ilangkumaran, M., Hassan, S. Mohamed. An integrated hybrid multi-criteria decision-making technique for material selection in the sugar industry. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 6(3), 247-268. <https://doi.org/10.1504/ijmcdm.2016.079719>
- Ballou, R. H. (2012). *Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas.
- Block, J. M., Ariseto-Bragotto, A. P., & Feltes, M. M. C. (2017). Current policies in Brazil for ensuring nutritional quality. *Food Quality and Safety*, 1(4), 275-288. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyx026>
- Botelho, N., Oliveira, L. B. de. (2019). A implantação do modelo de segurança de alimentos FSSC 22000 nos processos de uma refinaria de açúcar. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 4(3), 32-39. <https://doi.org/10.25286/rep.v4i3.984>
- Brans, J. P. (1982). L'ingenierie de la decision. Elaboration dinstruments daide a la decision. Methode PROMETHEE. In: *NADEAU*, Quebec, 183-214.
- Brans, J. & Smet, Y. (2016). *PROMÉTHÉE Methods*. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, International Series in Operations Research & Management Science. New York, NY: Springer US, 187-219.
- Caldas, C. S. (2012). *Escurecimento do açúcar branco: influência do processo e do tempo de armazenamento*. 91 folhas. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Castro, M. D. G. de & Souza, D. T. (2014). Gestão da armazenagem: estudo dos benefícios e dificuldades no setor sucroalcooleiro. In: *Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, (CNEG), Rio de Janeiro, 1, 1-32.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. *PIB do agronegócio brasileiro*. (2022). CEPEA-USP/CNA. Recuperado de <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>
- Ensslin, L., Giffhorn, E., Ensslin, S. R., Petri, S. M., & Vianna, W. B. (2010). Avaliação do Desempenho de Empresas Terceirizadas com o uso da Metodologia Multicritério em Apoio à Decisão - Construtivista. *Pesquisa Operacional*, 30, 125-152. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382010000100007>
- Gomes, L. F. A. M. & Gomes, C. F. S. (2019). *Princípios e métodos para tomada de decisão: enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas.
- Govidan, K. & Jepsen, M. B. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature revGand applications. *European Journal of Operational Research*, 250, 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.019>
- Kostenko, E. & Kuznichenko, V.; Laphyn, V. (2014). Comparison of Decision-Making Methods. *Research in Applied Economics*, 6(3). <https://doi.org/10.5296/rae.v6i3.5704>
- Lima, B. A. A. G., Galhardo, P. V. S. P., Muniz, S. dos. S., & Machado, A. R. (2019). A cadeia produtiva da exportação do açúcar a granel no porto de Santos: automatização de processos logísticos. In: *Anais do Congresso de Logística das Faculdades de Tecnologia do Centro Paula Souza (FATECLOG)*, Guarulhos-SP, Brasil.
- Novaes, A. G. (2007) *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. 3.ed. São Paulo: Elsevier.
- Oliveira, A. M. K. (2005). *Potencial da logística ferroviária para a movimentação de açúcar para exportação no Estado de São Paulo: recomendações de localização para armazéns intermodaus concentradores de carga*. 166 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Rocha, A. L. B., Lima, R. B., Sartori, J. A. S., Corrêa, N. T., Baptista, A. S., Ogando, F. I. B., Mandro, J. L., Tonoli, F. C., Braga, N. L. L., & Aguiar, C. L. (2015). Fatores que afetam a formação de cor durante armazenamento de açúcar cristal branco. In: *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*

- (COBEQ 2014). Blucher Chemical Engineering Proceedings, 1(2), 4818-4825. São Paulo: *Blucher*.
- Santos, D. C. L. dos, Queiroz, A. F., Boeno, L. S., & Mazucato, V. S. H. (2021). Planejamento estratégico em uma empresa de armazenagem de grãos no município de Amambai - Mato Grosso do Sul. In: *Anais do Congresso Internacional da Agroindústria*, Online.
- Santos, E. R. dos. (2022). *Proposição de modelo multicritério para priorização de ações na indústria sucroenergética*. 63 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – *Universidade Federal de Alagoas*. Penedo, AL.
- Silva, R. A. da. (2012). *Ciência do alimento: contaminação, manipulação e conservação dos alimentos*. 37 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista do Ensino da Ciência) – *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. Medianeira, PR.
- Rocha, A. L. B., Lima, R. B., Sartori, J. A. S., Corrêa, N. T., Baptista, A. S., Ogando, F. I. B., Mandro, J. L., Tonoli, F. C., Braga, N. L. L., & Aguiar, C. L. (2015). Fatores que afetam a formação de cor durante armazenamento de açúcar cristal branco. In: *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ 2014)*. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, 1(2), 4818-4825.
- Teixeira, E. D. S., Rangel, S., Florentino, H. D. O., & Araujo, S. A. de (2023). A review of mathematical optimization models applied to the sugarcane supply chain. *International Transactions in Operational Research*, 30(4), 1755-1788. <https://doi.org/10.1111/itor.13056>
- Visual PROMETHEE. (2013). Version 1.4.0.0 (c) *Bertrand Mareschal*.
-