



PERDAS NA CADEIA DE GRÃOS: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO NA LOGÍSTICA DE EXPORTAÇÃO

GRAIN CHAIN LOSSES: A MULTICRITERIA APPROACH TO EXPORT LOGISTICS

Autor(es): Barbara Azevedo Martins¹, Tatiana de Oliveira Russo¹, Andréa Leda Ramos de Oliveira¹

Filiação: ¹Laboratório de Logística e Comercialização Agroindustrial (LOGICOM), Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Av. Cândido Rondon, 501, 13083-875.

E-mail: aleda@unicamp.br

Grupo de Trabalho (GT): <<GT3. Evolução, estrutura e dinâmica dos complexos agroindustriais>>

Resumo

O cenário agrícola brasileiro tem apresentado um crescimento expressivo na produção e exportação de grãos, porém, a infraestrutura logística e de armazenamento tem sido um dos grandes desafios para o setor causando perdas significativas no pós-colheita. Para contribuir para solucionar essa questão, foi desenvolvido um sistema de avaliação de desempenho utilizando o método multicritério PROMETHEE a fim de classificar os principais estados produtores de suas principais rotas logísticas para exportação de grãos em relação às perdas pós-colheita. Os resultados apontaram que as rotas mais eficientes foram as intermodais e curtas, com destaque para São Paulo por apresentar capacidade superavitária de armazenamento e intermodalidade, enquanto a rota de Mato Grosso teve maior eficiência devido ao uso da rota intermodal hidroviária. Com este estudo espera-se contribuir para aperfeiçoar a infraestrutura logística e de armazenamento na produção de grãos no Brasil, reduzindo as perdas pós-colheita e aumentando a competitividade no mercado de exportação.

Palavras-chave: Logística, Intermodalidade, Perdas pós-colheita, Modelo de decisão multicritério

Abstract

The agricultural scene in Brazil has seen remarkable growth in grain production and exports. However, logistical and storage infrastructure remains a major challenge for the sector, causing significant post-harvest losses. To address this issue, a performance evaluation system has been developed using the multi-criteria PROMETHEE method, with the aim of classifying the main grain-producing states in terms of post-harvest losses and logistics. The results have identified the most efficient routes as multimodal routes and short, highlighting São Paulo's surplus storage capacity and intermodality while praising Mato Grosso's efficiency due to the use of the multimodal waterway route. The study aims to improve logistical and storage infrastructure in Brazil's grain production, reducing post-harvest losses, and boosting competitiveness in the export market.

Key words: Logistics, Intermodality, Post-harvest losses, Multi-criteria decision model

1. Introdução

O Brasil na última década vem obtendo recordes em diversas cadeias agrícolas, tanto em produção como em exportação, apesar das condições atuais da infraestrutura. Para manter este bom desempenho é preciso avanços contínuos em novas tecnologias que levem a ganhos de produtividade e/ou agregação de valor no produto final. Entretanto um aspecto recorrente para sustentação do setor agrícola é a superação dos entraves relacionados à logística de distribuição (OLIVEIRA et al., 2022) e as perdas pós-colheita.

A cadeia logística de grãos, demanda melhorias sobretudo no transporte e armazenagem quando se tange a etapas pós-colheita. O atual cenário brasileiro que apresenta aumentos sucessivos na produção de grãos uma infraestrutura de armazenagem que não acompanha tal crescimento, tem impactando diretamente nos fluxos de transporte. Isso porque o déficit de



armazenamento agrícolas intensifica o volume de grãos a ser escoado, especialmente para os portos de exportação. Dessa maneira, a intensa demanda dos modais, sobretudo rodoviário, aumenta os fretes e, portanto, os custos logísticos (MARTINS et al., 2005), o que também pode levar a um maior índice de perdas de grãos durante o processo.

O ideal para mudar este cenário seria expandir a capacidade estática de armazenagem. Ao estocar os grãos por mais tempo, existem chances de ter uma balança comercial mais equilibrada, evitando picos de distribuição e seus consequentes gargalos. (MARTINS et al., 2005), evitando o chamado “rush de vendas”.

Desta forma, existe a necessidade de uma gestão estratégica da logística visando a redução de perdas, e também de custos. Para Castro et al. (2016) variáveis como produção, armazenagem, qualidade da via de transporte e frete são variáveis correlacionadas. Minimizar o custo total logístico promove ganhos para todos os agentes envolvidos, sendo que a partir da compensação de custos na malha logística, temos o aumento da rotatividade de estoques, reduzindo os ciclos de suprimentos e pedidos, incidindo na máxima rentabilidade do sistema e mínima perda (MARTINS et al., 2005).

Lopes (2021) mostra o quanto o desenvolvimento da infraestrutura de transporte e armazenagem compromete todo o ciclo logístico, sobretudo a competitividade dos produtos agrícolas. Quando tratamos de modais logísticos no Brasil, sabemos que cada região do país apresenta características específicas, mas em comum é o uso predominante do modal rodoviário no transporte, o que influencia nos elevados custos da cadeia e no aumento de perdas de grãos.

Dessa maneira, o planejamento logístico deve caminhar de forma a promover a intermodalidade que atendam aos interesses da pluralidade do setor agrícola. Sendo assim, a consolidação de uma logística integrada de transportes e a utilização dos modais de transporte baseados na sua vocação econômica e racionalidade operacional, são capazes de promover a redução dos custos de escoamento e de elevar a competitividade do agronegócio nacional (OLIVEIRA et al., 2021).

Segundo Péra e Caixeta Filho (2020), as perdas quantitativas no Brasil atingiram o patamar de 1,30% da produção, o que representou uma perda econômica na ordem de R \$2,04 bilhões. Os cinco maiores estados produtores de grãos apresentam perdas em relação à quantidade produzida, que variam de 1,00% no Mato Grosso do Sul até 1,67% no Rio Grande do Sul.

Portanto, para que o Brasil possa se manter no mercado competitivo de produção de grãos, aumentando as exportações e suprimindo a crescente demanda interna, terá que investir não só na produção, como também nas etapas pós-colheita, necessárias para que haja o armazenamento de qualidade. Sem esse investimento, o crescimento do setor torna-se inviável (AZEVEDO et al., 2008).

O objetivo da presente proposta é construir um sistema de avaliação de desempenho para classificar a eficiência dos principais estados produtores de grãos em termos de perdas pós-colheita na logística. Para tanto, serão avaliados os principais estados produtores de grãos, as condições logísticas e variáveis que interferem nos níveis de perdas por meio do método multicritério *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE).

2. Perdas pós-colheita de grãos

A literatura distingue perdas e desperdícios de alimentos. As perdas estão associadas à aquelas que ocorrem nos estágios iniciais da cadeia de suprimentos, devido à uma diminuição na quantidade ou na qualidade do alimento, decorrente de atividades inadequadas de pós-colheita e infraestrutura (Aliotte et al., 2022). Isso resulta em uma redução na oferta de alimentos para a população (Gustavsson et al., 2013; FAO, 2019; Cattaneo et al., 2020). Por



outro lado, o desperdício de alimentos ocorre durante a comercialização no varejo e consumo nas residências, relacionado ao comportamento humano. As perdas são ditas não intencionais, enquanto o desperdício decorre de uma condição intencional (Gustavsson *et al.*, 2013; FAO, 2019; Cattaneo *et al.*, 2020).

Essas perdas pós-colheita podem ser classificadas como: qualitativa, e são representadas por alterações nas características do produto, envolvendo alterações de textura, sabor, odor, alterações nos níveis de nutrientes do produto, esses fatores estão diretamente relacionados ao manuseio inapropriado durante a colheita, limpeza, secagem e principalmente na armazenagem inadequadas. As perdas quantitativas são consideradas aquelas perdas físicas relacionadas à redução de peso do produto ao longo das etapas da cadeia de suprimentos, e estão diretamente relacionadas ao transporte pela má manutenção das estradas, o uso de veículos ou embalagens inadequadas, vazamento nas unidades de carga, tempo gasto nas filas dos portos, entre outros (CONAB, 2021). Tanto as perdas qualitativa, quanto quantitativa, resultam em grandes perdas econômicas que devem ser consideradas na análise da logística nas atividades de pós-colheita.

Além das perdas econômicas devido o sistema de transporte ineficiente, a baixa produtividade do transporte rodoviário implica em maior taxa de consumo de combustível, portanto, maior dependência energética, causando perdas ambientais. Do ponto de vista social, as perdas pós-colheita comprometem também a segurança alimentar, tanto no inadequado manuseio e armazenamento do produto, ocasionando infestações de fungos e pragas, comprometendo a qualidade dos alimentos que podem causar graves implicações para a saúde humana se alimentos estragados ou contaminados forem consumidos (Sheahan e Barret, 2017; Bendinelli *et al.*, 2019), quanto ao transporte, devido à infraestrutura precária das estradas e dos veículos causando perdas por meio da deterioração e derramamento do produto ao longo do caminho (Affognon *et al.*, 2015; Rosegrant *et al.*, 2015; Bendinelli *et al.*, 2019).

Uma pesquisa realizada por Péra (2017), onde o mesmo quantificou as perdas pós-colheita em físicas, econômicas e ambientais na logística de soja e milho do Brasil para o ano de 2015, apresentando como principais resultados perdas de grãos, que totalizaram 2,3 milhões de toneladas (1,3% da produção), incorrendo em perdas econômicas na ordem de R\$ 2 bilhões (94,3% decorrentes de custos de oportunidades com vendas perdidas e o restante com gastos logísticos desnecessários). Do total das perdas de grãos ocorrido neste ano, 45,53% ocorreram na atividade logística de armazenagem; 21,67% ocorreram no transporte rodoviário da fazenda ao armazém; 13,31% no transporte rodoviário; 1,62% no transporte multimodal hidroviário; 8,24% no transporte multimodal ferroviário e por fim 9,04% de perdas no porto.

Os índices de perdas pós-colheita de grãos estão diretamente ligados ao desenvolvimento adequado da infraestrutura de armazenamento e transporte. Sem investimentos nesses setores, os custos elevados e a qualidade inferior do produto tornam-se grandes empecilhos para a competitividade frete ao mercado externo. Ademais, o impacto ambiental é outro ponto de atenção, principalmente em relação ao transporte rodoviário ineficiente, que emite altos níveis de gases poluentes do efeito estufa. Estudos recentes (Oliveira e Lopes, 2016; Souza *et al.*, 2019; Russo *et al.*, 2022) apontam que o transporte intermodal é uma das soluções mais eficientes para o transporte de cargas a longa distância. É fundamental investir em infraestrutura para reduzir perdas e impactos ambientais, além de garantir a competitividade do produto no mercado internacional.

3. Metodologia

Para classificação dos principais estados produtores em termos de características que promova a mitigação de perdas pós-colheita de grãos, foram selecionadas as variáveis: capacidade estática de armazenamento, rotas logísticas, qualidade via de transporte, uso da intermodalidade, custo logístico de exportação, disponibilidade de estoque, razão entre produção/exportação e desvio padrão do preço pago ao produtor (Tabela 1). O grupo grãos considerado foi: milho, sorgo, soja, trigo e triticale, devido aos altos índices de produção. Em termos regionais, os cinco principais estados produtores de grãos, a saber: Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e São Paulo.

A seleção das variáveis (Tabela 1) foram baseadas nos estudos de Bendinelli et al. (2022), Oliveira et al. (2022), Lopes, (2021) e Péra e Caixeta Filho (2021).

Tabela 1. Fonte dos dados para o modelo multicritério

Variável	Fonte
Capacidade estática de armazenamento	Conab (2021a)
Estoque	Conab (2021b)
Exportação	ComexStat (2021)
Fretes	SIFRECA (2021)
Preço pago ao produtor	Conab (2021)
Produção	IBGE (2021)
Qualidade via de transporte	CNT (2021)
Rotas logísticas	Oliveira et al., 2022 Oliveira et al., 2021

O modelo considerou seis critérios (Tabela 2). O primeiro e que apresenta maior correlação com os níveis de perda (LOPES, 2021; PÉRA e CAIXETA FILHO, 2021) foi o fato do estado apresentar déficit ou superávit de armazenagem, neste caso a variável chamada de A-P (armazenagem-produção) considerou o valor da capacidade estática de armazenagem do estado menos da produção grãos do estado, sendo o estado considerado superavitário com valores resultantes positivos e deficitário quando o valor resultante fosse negativo. Como esse critério é o principal indicado na literatura como a principal fonte de perda pós-colheita relacionado a logística, para este critério foi atribuído o peso 2. Para os demais, foi atribuído peso 1.



Tabela 2. Matriz multicritério par avaliação das perdas de grãos na logística

Unidade	Armazenagem – Produção (A-P)	Qualidade da rota (Qld rota)	Custo Logístico (\$Log g)	Estoque (Est)	Desvio padrão Preço (Dpreço)	Exportação/Produção (E/P)
GO-RO	-10.880,9	Baixa	58,62	1.155,4	6,65	0,33
GO-RH	-10.880,9	Muito Alta	45,72	1.155,4	6,65	0,33
MT-RO	-28.292,1	Baixa	94,26	3.044,4	5,49	0,58
MT-RH	-28.292,1	Muito Alta	62,49	3.044,4	5,49	0,58
PR-RO	-2.993,4	Moderada	34,73	1.490,0	7,94	0,34
PR-RF	-2.993,4	Alta	56,95	1.490,0	7,94	0,34
RS-RO	3.925,1	Moderada	29,43	1.279,2	8,42	0,45
RS-RF	3.925,1	Alta	55,55	1.279,2	8,42	0,45
SP-RO	5.116,4	Moderada	29,61	386,5	7,37	0,58
SP-RF	5.116,4	Alta	36,44	386,5	7,37	0,58

O segundo critério chamado de Qualidade da rota (Qld rota) considerou a intermodalidade da rota e a distância rodoviária percorrida e total percorrida (OLIVEIRA et al., 2022). Neste caso, rotas intermodais de curto percurso foram consideradas de alta qualidade, como a SP - RF. Rotas modais com longas distâncias foram classificadas como de baixa qualidade, uma vez que por vezes, apresentam o dobro de quilometragem em comparação com rotas intermodais da mesma região, observado em MT - RO, por exemplo.

O terceiro critério considerado foi o custo logístico total (\$ Log) detalhado na Tabela 3, de forma que o menor custo foi considerado o mais eficiente (OLIVEIRA et al., 2022). O quarto critério foi o nível de estoque (Estq) e foram considerados os produtos soja e milho em função da disponibilidade dos dados (CONAB, 2023) e da representatividade das culturas.

Tabela 3. Descrição das rotas logísticas e dos custos logísticos (US\$/t)

Origem	Rota	Porto Destino	Frete (US\$/t)			Transb (US\$/t)	Tarifa Portuária	Total (US\$/t)
			Rodo	Ferro	Hidro			
Rio verde GO	Rodohidroviário via São Simão/Anhembí	Santos	19,30	-	12,92	4,50	9,00	45,72
	Rodoviário direto		49,62	-	-	-	9,00	58,62
Sorriso MT	Rodohidroviário via Miritituba	Santarém	49,33	-	4,16	3,00	6,00	62,49
	Rodoviário direto	Santos	85,26	-	-	-	9,00	94,26
Cascavel PR	Rodoferroviário via Maringá	Paranaguá	23,91	20,34	-	3,50	9,20	56,95
	Rodoviário direto		25,53	-	-	-	9,20	34,73
Tupanciretã RS	Rodoferroviário via Cruz Alta	Rio Grande	23,02	19,83	-	3,50	9,20	55,55
	Rodoviário direto		20,23	-	-	-	9,20	29,43
Itapeva SP	Rodoferroviário via São Paulo	Santos	14,94	9,00	-	3,50	9,00	36,44
	Rodoviário direto		20,61	-	-	-	9,00	29,61

Nota: Rodo: rodoviário; Ferro: ferroviário; Hidro: hidroviário; Transb: Taxa de transbordo.

O quinto critério foi o desvio padrão dos preços dos grãos pago ao produtor rural (Dpreço), neste caso novamente soja e milho, em que preços melhores comportados em torno



da média implicam em menor índice de perdas (BENDINELLI et al., 2022), isso porque um desvio padrão grande significa que os valores amostrais estão bem distribuídos em torno da média, enquanto que um desvio padrão pequeno indica que eles estão condensados próximos da média. Quanto menor o desvio padrão, mais homogênea é a amostra (FIELD, 2005).

O sexto critério mostra a relação entre o volume exportado em relação a produção (E/P). Isso significa que quanto mais o estado exporta em relação a sua produção menor é o índice de perdas (LOPES, 2021; BENDINELLI et al., 2022).

Os métodos multicritérios surgiram como técnicas eficientes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (BRANS e DE SMET, 2016). Os métodos multicritérios são amplamente utilizados para análises que tenham como finalidades temas relacionados com classificação e ranqueamento (JAHAN e EDWARDS, 2013 KARTAL et al., 2016), localização (SHARMA et al., 2017, SOUZA et al., 2020), apoio à tomada de decisão (ABOLGHASEMI et al., 2020; BRANS e DE SMET, 2016) e gestão de risco (YURDAKUL e IC, 2004; HU e LIN, 2022), em que múltiplos critérios complexos precisam ser considerados de forma simultânea para a análises.

Os métodos multicritérios estabelecem uma estrutura de preferência entre as alternativas discretas, tendo uma função de preferência entre as alternativas para cada critério. O método pode para medir a eficiência relativa. A função usada para análise indica o desempenho e o ranqueamento da unidade de análise (CUI e YU, 2021).

O método multicritério adotado nesta pesquisa é o *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), que consiste em um conjunto finito de possíveis alternativas que serão avaliadas a partir de diversos critérios. Além disso, podem ser atribuídos pesos aos critérios de avaliação para representar sua importância relativa (BRANS e DE SMET, 2016).

Para a aplicação do método PROMETHEE são necessários, além das definições dois critérios, mais dois tipos de dados: i. informações entre critérios e ii. com dados dentro de cada critério. O peso dos critérios constitui as informações entre critérios, enquanto as informações dentro de cada critério se relacionam com as funções de preferência relativas a cada critério (ZHU, et al., 2021).

Uma vez definidos os pesos e escolhidas as funções de preferência para cada critério são calculados os módulos dos desvios entre os julgamentos de cada par de alternativas (a, b) de acordo com cada critério j . Os valores resultantes serão as entradas para as funções de preferência (BRANS e MARESCHAL, 1995).

Os resultados das funções de preferência são chamados de intensidades de preferência utilizados para calcular o índice de preferência, que representa a intensidade em que uma alternativa a tem preferência em relação a uma alternativa b , considerando o peso atribuído, ω_j de cada critério j para todos os k critérios analisados. Desta forma, o índice de preferência é dado por:

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j p_j(d_j)}{\sum_{j=1}^k \omega_j} \quad (1)$$

Após o cálculo dos índices de preferência, são calculados os fluxos positivos, negativos e líquidos de cada alternativa. Os fluxos são calculados de acordo com as equações 2, 3 e 4, em que a representa a alternativa para a qual o fluxo está sendo calculado e x varia, representando as $n - 1$ alternativas diferentes de a (BRANS e MARESCHAL, 1995).

$$\varphi^+(a) = \frac{\sum_{x \neq a} \pi(a, x)}{n - 1} \quad (2)$$

$$\varphi^-(a) = \frac{\sum_{x \neq a} \pi(x, a)}{n - 1} \quad (3)$$

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (4)$$

O fluxo positivo mostra a intensidade em que uma alternativa prevalece sobre as demais, ou seja, ganha das demais, enquanto o fluxo negativo mostra a intensidade em que uma alternativa é não prevalece pelas as demais, ou seja perde das demais (BELTON e STEWART, 2002)

4. Resultados e Discussão

O estado/rota mais eficiente em mitigar as perdas de grãos ao longo da logística foi o estado de São Paulo através da rota intermodal ferroviária (Tabela 4). De maneira geral, o estado produtor que apresenta uma capacidade armazenagem superavitária, que utiliza rotas intermodais de transporte, percorre curtas distâncias e detêm protagonismo na produção e exportação de grãos, alcançaram as maiores posições no ranking (Figura 2), o que confere as maiores posições no índice de mitigação de perdas.

Tabela 4. Ranking da eficiência em mitigar as perdas de grãos na logística

Rank	UF Rota	Phi	Phi+	Phi-
1	SP RF	0,3175	0,5873	-0,2698
2	SP RO	0,2857	0,5714	-0,2857
3	MT RH	0,1111	0,4921	-0,3810
4	RS RO	0,0952	0,4921	-0,3968
5	RS RF	0,0317	0,4603	-0,4286
6	PR RO	-0,0317	0,4286	-0,4603
7	PR RF	-0,0635	0,4127	-0,4762
8	GO RH	-0,0952	0,4127	-0,5079
9	MT RO	-0,1746	0,3492	-0,5238
10	GO RO	-0,4762	0,2222	-0,6984

O principal critério que ranqueou os estados e suas respectivas rotas de exportação que têm um menor potencial de perdas de grãos ao longo do processo logístico foi a disponibilidade de armazéns graneleiros. Como o estado de São Paulo apresenta uma condição superavitária, ele ocupou as primeiras posições na escala de eficiência (Figura 1). O estado de Mato Grosso é

o maior produtor e exportador de grãos do Brasil e dispõe de rotas competitivas de exportação, especialmente no norte do estado escoando o produto via Porto de Santarém através da hidrovía do Madeira (OLIVEIRA et al. 2022).

As piores posições foram ocupadas por estados que precisam percorrer longas distâncias para escoar os grãos utilizando apenas os caminhões. O modal rodoviário é o mais ineficiente dos modais para o transporte de longas distâncias, movimentando produtos de baixo valor agregado (OLIVEIRA, 2014).

Outro critério que esteve presente nas rotas de eficiência intermediária foi o comportamento dos preços, medido pela variável desvio padrão dos preços pagos ao produtor rural. As regiões em que o comportamento ao longo do ano apresentou menor estabilidade contribuíram para um pior índice de perdas de grãos (Figura 1);

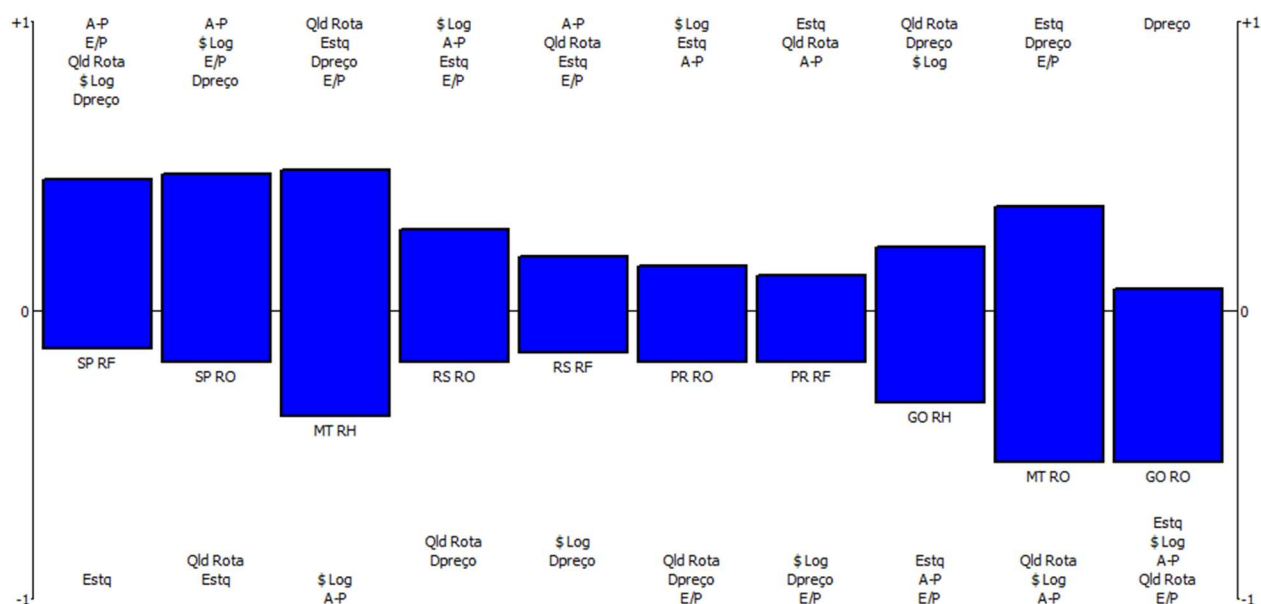


Figura 1. Participação dos critérios na eficiência da mitigação das perdas de grãos na logística

A análise geral da eficiência das perdas pós-colheita de grãos durante a logística (Tabela 4 e Figura 2) é baseada no fluxo Phi (PROMETHEE II), o que facilita uma ordenação das alternativas. Na avaliação global, se destaca a rota intermodal do estado que apresentou uma capacidade de armazenagem superior a produção de grãos. A metade superior da escala (em verde) corresponde aos escores Φ^+ e a metade inferior (em vermelho) aos escores Φ^- .

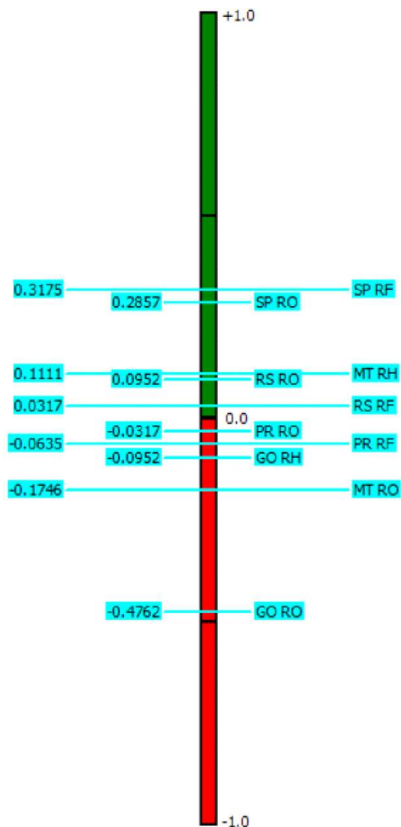


Figura 2. Ranking global da eficiência em mitigar as perdas de grãos na logística

Segundo Lopes (2021) enquanto o Brasil se destaca pela contínua expansão da produção agrícola, a infraestrutura de armazenagem e transporte comporta - se de maneira oposta, comprometendo diretamente a competitividade dos produtos brasileiros no mercado interno e externo. Atualmente temos uma capacidade de armazenamento insuficiente (o volume de produção é superior ao suportado), na maioria das regiões produtoras, impactando no entrave de escoamento de grãos, que ainda em sua maioria é realizado por modais rodoviários e não intermodais, outro fator que contribui para o gargalo logístico.

A eficiência da intermodalidade pode ser relacionada com a menor quilometragem percorrida pelos produtos até o ponto de escoamento. De acordo com, Aliotte et al. (2022), rotas curtas se mostram mais eficientes, sendo o conceito de milhas alimentares (“food miles”) ponto de partida para avaliação, com a distância como traço importante para definição de bons escoamentos.

Existe então, a necessidade de um sistema de armazenagem agrícola suficiente e a viabilização de novas rotas de escoamento com integração entre os modais. São elementos logísticos essenciais para que o setor alcance melhores resultados, tenha menos perdas e se posicione em um ambiente mais competitivo (LOPES, 2021).



5. Conclusões

Com a pesquisa proposta foi possível obter as rotas mais eficientes, sendo as três melhores, SP - RF, SP - RO e MT - RH. No caso das rotas de São Paulo, o fator determinante foi a variável da capacidade de armazenamento, que apresentaram valores superavitários quando realizado o valor da capacidade estática de armazenagem menos o valor de produção. A dispersão de preços teve grande impacto no resultado, uma vez que indica o comportamento do preço final, quanto maior o desvio apresentado, menor a perda na cadeia final, São Paulo, nas duas rotas, apresentou bons valores.

Analisando o caso da rota MT - RH, sua eficiência não vem da variável (A - P), uma vez que apresentou valores deficitários, porém, a intermodalidade empregada garantiu uma ótima qualidade de rota, junto de bons valores de desvio padrão.

Pensando nos piores cenários, o estudo constatou as rotas MT - RO e GO - RO como as mais ineficientes. Apresentaram alto déficit na relação (A - P), o que impactou negativamente, também, a modalidade rodoviária resultou em baixas qualidades de rotas, devido principalmente a elevadas distâncias até a origem. Os valores de desvio padrão do preço foram os dois piores (mais baixos) em relação às outras rotas, impactando diretamente em maiores perdas.

Referências

- ABOLGHASEMI, M. et al. Demand forecasting in supply chain: The impact of demand volatility in the presence of promotion. **Computers & Industrial Engineering**, v. 142, 2020.
- AFFOGNON, H. et al. 2015. Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: A Meta-Analysis. **World Development** v. 66, p.49-68, 2015.
- ALIOTTE, J.T.B. et al. Multicriteria decision analysis for fruits and vegetables routes based on the food miles concept. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNCAuyo**, p. 97 - 108, 2022.
- ARAÚJO, A. G. et al. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. **Gestão e Produção**, v. 16, n. 4, p. 534-543, 2009.
- AZEVEDO et al. A Capacidade Estática de Armazenamento de Grãos no Brasil. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008.
- BELTON, V.; STEWART, T. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. **New York: Springer**, p 39- 100, 2002.
- BENDINELLI, W. E. et al. What the main factors that determine post-harvest losses of grains? **Sustainable Production and Consumption**, v. 21, p. 228-238, 2019.
- BEZERRA, Saulo de Tarso Marques *et al.* **Aplicação do método Promethee II para gestão de perdas reais em sistemas de abastecimento de água**. Brazil Journal of Development, Curitiba, PR, Brasil, v. 6, n. 1, p. 3553 - 3566, Jan 2020.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. The PROMETHEE VI procedure: how to differentiate hard from soft multicriteria problems. **Journal of Decision Systems**, v. 4, n. 3, p. 213-223, 1995.
- BRANS, J. P.; DE SMET, Y. PROMETHEE Methods. In: GRECO S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. (Eds). Multiple Criteria Decision Analysis. **New York: Springer**, p. 187-219, 2016.
- CASTRO, D. et al. Modelo de decisão multicritério para escolha do modo de transporte: um estudo do escoamento da produção de grãos de Mato Grosso do Sul. **Produção Online: Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, Florianópolis, SC, v. 16, p. 1214-1236, 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Armazenagem**, 2021a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/armazenagem>. Acesso em: 23 fev. 2023.



- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Quadro de Oferta e Demanda**, 2021b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado#quadro-de-oferta-e-demanda>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- CNT. Confederação Nacional de Transporte. **Anuário CNT do Transporte**, 2021. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- CNT. Confederação Nacional de Transporte. **Boletim Unificado**, 2021. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins#:~:text=31/12/2018-,Boletim%20Unificado%20%2D%202021,-%C3%97> Acesso em: 23 fev. 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos**, 2021: Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/outras-publicacoes/item/15300-livro-de-perdas-em-transporte-e-armazenagem-de-graos>. Acesso: 31 de março de 2023.
- CUI, Q. et al. A Review of Data Envelopment Analysis in Airline Efficiency: State of the Art and Prospects. **Journal of Advanced Transportation**, 2021.
- FIELD A. Discovering Statistics Using SPSS. 2nd ed. London, UK: **Sage**; 2005.
- HU, Z. et al. An integrated multicriteria group decision making methodology for property concealment risk assessment under Z-number environment, **Expert Systems with Applications**, v.205, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- JAHAN, A. et al. Chapter 3 - Multi-criteria Decision-Making for Materials Selection. **Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design**, p. 31 - 41, 2013.
- KARTAL, H. et al. An integrated decision analytic framework of machine learning with multi-criteria decision making for multi-attribute inventory classification. **Computers & Industrial Engineering**, v. 101, p. 599 - 613, 2016.
- LOPES, E. Logística de escoamento dos produtos agropecuários no Brasil: estrangulamentos dos fluxos de exportação. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos**, [s. l.], p. 87-99, 2021.
- MARTINS, R. S. et al. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. **Journal of Contemporary Administration**, v. 9, n. 1, p. 53-78, 11, 2005.
- SOUZA, M. M. et al. Optimization of soybean outflow routes from Mato Grosso, Brazil. **International Journal for Innovation Education and Research**, v.8, n. 08 p. 2, 8/jan. 2020.
- OLIVEIRA, A. L. R. A logística do agronegócio: para além do apagão logístico. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E. et al. O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. **1ed.Brasília: Embrapa**, v. 1, p. 337-370, 2014.
- OLIVEIRA, A. L. R.; LOPES, B. F. R. Estratégia Logística do Milho Brasileiro e a Prática da Intermodalidade: Uma avaliação de rotas selecionadas. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 7, p. 613, 2016.
- OLIVEIRA, A. L. R. et al. Logistical transportation routes optimization for Brazilian soybean: an application of the origin-destination matrix. **Ciência Rural**, v. 51, n. 2, p. 1-13, 2021.
- OLIVEIRA, A. L. R. et al. Performance evaluation of agricultural commodity logistics from a sustainability perspective. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 1, p. 674-685, 2022.
- PÉRA, T. G. Modelagem das perdas na agrologística brasileira: uma aplicação de programação matemática. 2017. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo**, 2017.
- ROSEGRANT, M. et a. Returns to Investment in Reducing Postharvest Food Losses and Increasing Agricultural Productivity Growth. **Food Security and Nutrition Assessment Paper**, 2015.
- RUSO, T. O. et al. **Analysis model of the corridor of the Arco Norte of the Amazon for the soybean of Mato Grosso**. International Journal for Innovation Education and Research, p. 84 -104, 01/mar. 2022. ISS 2411-2933.
- SHARMA, B.; BIRRELL, S.; MIGUEZ, F. E. Spatial modeling framework for bioethanol plant siting and biofuel production potential in the U.S. **Applied Energy**, v. 191, p. 75–86, 2017.

SHEAHAN, M., BARRETT, C. B., Review: Food loss and waste in Sub-Saharan Africa. **Food Policy** v.70, p.1-12, 2017.

SIFRECA. Sistema de Informação de Fretes. **Frete Rodoviários**. Disponível em <http://sifreca.esalq.usp.br>. Acesso em 23 fev. 2023.

SOUZA, M. F.; PINTO, P. H. G.; TEIXEIRA, R. B. A.; NASCIMENTO, C. O. L. & NÓBREGA, R. A. A. Dry port location optimization to foster sustainable regional development. **Sustentabilidade em Debate**, v. 11, n. 2, p. 208–237, 2020.

YURDAKUL, M. et al. AHP approach in the credit evaluation of the manufacturing firms in Turkey. **International Journal of Production Economics**, v.88, p. 269-289, 2004.

ZHU, X. et al. Application of multiple criteria decision making methods in construction: a systematic literature review. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 27, n. 6, p. 372-403, 15 Jul. 2021.