

O uso da intermodalidade como vantagem competitiva no escoamento da soja em Goiás: uma abordagem comparativa de custos logísticos em diferentes ambientes computacionais

THE USE OF INTERMODALITY AS A COMPETITIVE ADVANTAGE IN THE FLOW OF SOYBEANS IN GOIÁS: A COMPARATIVE APPROACH OF LOGISTICS COSTS IN DIFFERENT COMPUTATIONAL ENVIRONMENTS

EL USO DE UN SISTEMA INTERMODAL COMO VENTAJA ECONÓMICA EN EL FLUJO DE LA SOJA EN GOIÁS: UN ENFOQUE COMPARATIVO DE COSTOS LOGÍSTICOS EN DIFERENTES AMBIENTES COMPUTACIONALES.

Ianka Santana

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás

iankasantana7@gmail.com

Daiana Silva

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás

daianarmsilva@gmail.com

Denis Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás

denis.pereira@ifg.edu.br

Luciana Azevedo

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás

luciana.azevedo@ifg.edu.br

Resumo

É intrínseca a necessidade de movimentação e de transporte de pessoas ou cargas. Com a globalização, a competição entre as cadeias produtivas se tornou ainda mais acirrada e passou a buscar vantagens competitivas para disputar a preferência dos consumidores. Partindo desse ponto, para empresas e economias, é relevante pensar e analisar as diversas formas de promover soluções competitivas mais inteligentes e que impactem, com valor agregado, a predileção dos clientes e consumidores. Com as novas tecnologias e com o uso da intermodalidade no transporte, surgiu a necessidade de estudar maneiras mais inovadoras de construir uma formatação logística mais eficiente. O modelo deste trabalho buscou explorar rotas economicamente mais atrativas, por meio do uso da intermodalidade, para o escoamento da soja em Goiás nos principais corredores logísticos estratégicos do país. O modelo se apoia em uma programação linear dos problemas de transporte, sendo baseado no modelo apresentado por Marujo e Silva (2012) e Belfiore e Fávero (2013) e utilizando as plataformas *Microsoft Excel* e *Dev C ++* como ambientações computacionais para fins também de comparação de performance. Como resultado, se obteve que as rotas 01, 02, e 04, que possuem elementos de intermodalidade, apresentaram resultados economicamente mais atrativos do que as rotas 03 e 05, que utilizaram rotas exclusivamente rodoviárias. A economia potencial média aferida foi de quase 39 milhões de reais para a demanda de quase 4 milhões de toneladas de soja, uma redução



de aproximadamente 21% nos custos logísticos, quando comparado com simulações exclusivamente feitas com o modo rodoviário.

Palavras-chave: Logística. Intermodalidade. Pesquisa operacional. Modelo matemático. Ambientação computacional.

Abstract

It is intrinsic to the need to move and transact people or cargo. With globalization, competition between production has become even more fierce and has started to seek competitive advantages to compete for consumer preference. Starting from this point, for companies and economies, it is relevant to think and analyze the various ways of promoting competitive and smarter solutions, which impact, with added value, the predilection of customers and consumers. With new technologies and new means of transport, the need arose to study more innovative ways to build a more efficient logistical format. The model of this work, sought to explore more economically attractive routes, using intermodality for the transportation of soybeans in Goiás in the main strategic logistics corridors in the country. The model is based on a linear programming of transport problems, based on the model presented by Marujo e Silva (2012) and Belfiore and Fávero (2013) and using the Microsoft Excel and Dev C ++ platforms as computational for comparison purposes. performance. As a result, it was found that routes 01, 02 and 04 - which have elements of intermodality - showed economically more attractive results than routes 03 and 05, which use only road routes. The average potential savings measured was almost 39 million reais for a demand of almost 4 million tons of soy, a reduction of about 21% in logistics costs, when compared to simulations made exclusively with the road modal.

Keywords: Logistics. Intermodality. Operational Research. Mathematical model. Computational setting.

Resumen

La necesidad de mover y transportar personas o carga es intrínseca. Con la globalización, la competencia entre las cadenas productivas se tornó más agresiva y pasó a buscar ventajas competitivas para disputar la preferencia de los consumidores. Desde el punto de vista de empresas y economías es importante analizar diversas formas de promover soluciones competitivas más inteligentes y que impacten, con valor agregado, la predilección de los clientes y consumidores. Con las nuevas tecnologías y el uso de un sistema de transporte intermodal, surgió la necesidad de estudiar formas más innovadoras de construir un formato logístico más eficiente. El modelo de este trabajo buscó explorar, usando un sistema de transporte intermodal, las rutas económicamente más atractivas para el flujo de soja de Goiás en los principales corredores logísticos estratégicos del país. El modelo se apoya en una programación lineal de los problemas de transporte y se basa en el modelo presentado por Marujo e Silva (2012) e Belfiore e Fávero (2013) utilizando plataformas Microsoft Excel y Dev C ++ como ambientes computacionales para fines de comparación de desempeño. Como resultado se obtuvo que las rutas 01, 02 y 04, que poseen elementos del sistema intermodal, presentan resultados económicamente más atractivos que las rutas 03 y 05, que cuentan exclusivamente con rutas por carretera. El ahorro potencial promedio fue de casi 39 millones de reales para la demanda de casi 4 millones de toneladas de soja, una reducción de aproximadamente 21% en los costos logísticos en comparación con las simulaciones realizadas exclusivamente con el modo carreteras.

Palabras Clave: Logística, sistema intermodal. Investigación operacional. Modelo matemático. Ambientación computacional.



Introdução

A evolução tecnológica e a globalização têm aproximado cada vez mais o mercado produtor do mercado consumidor, encurtando os tempos e as distâncias. Nessa perspectiva, a redução dos custos de transportes se torna fundamental para o mercado competitivo, e o emprego de estratégias logísticas é um dos recursos mais utilizados para um diferencial em um mercado altamente exigente aos custos de movimentação do produto.

O transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil e corresponde a mais de 60% da divisão modal do transporte, porém, na última década, o país apresentou carência de infraestrutura na matriz de transporte (CNT, 2020). De acordo com Dias (2020), quando comparados os modais de transportes do Brasil com os de outros países de porte equivalente, percebe-se claramente como o transporte rodoviário se sobressai em relação aos demais.

Essa problemática no sistema de transporte brasileiro possui intensa concentração na movimentação de mercadorias por meio de rodovias, isso se justifica, muitas vezes, pela indisponibilidade de outras modalidades devido ao longo período de incentivo ao modo rodoviário. Entretanto, do ponto de vista econômico, essa abordagem não é lógica, visto que o recomendado para viagens com mais de 500 quilômetros de distância é que elas sejam realizadas por outros modais, como o ferroviário e o hidroviário, e com bens de baixo valor agregado (valor/frete) (MARTINS; CYPRIANO, 2004).

Segundo os mesmos autores, as *commodities*, por definição, são matérias-primas produzidas em larga escala, podendo ser estocadas sem perderem facilmente a qualidade. Entre elas se destacam o minério de ferro, o cimento e grãos considerados produtos com baixo valor agregado e são majoritariamente transportados por mais de um modal. Todavia, os custos de transportes são uma parcela considerável nos valores desses produtos, sendo, portanto, pertinente que se tenha um sistema eficaz.

O Estado de Goiás é o quarto maior produtor de soja do Brasil, com uma produção registrada em junho de 2019 de 11,437 milhões de toneladas e uma produtividade de 3.290 Kg/ha (CONAB, 2019). A produção agroindustrial tem crescido em direção ao Centro Oeste do país, com destaque para Goiás e Mato Grosso, distanciando-se cada vez mais das localidades dos portos, que são as portas de acesso ao mercado externo. Junto a isso, estão distantes também das fontes e fornecedores de alguns insumos, o que acarreta o aumento dos custos de transporte.

Contudo, não bastam apenas investimentos no setor de produção agrícola, mas também no sistema de transporte, posto que o Brasil possui apenas 11% de sua malha total viária pavimentada (CNT, 2019). Cada meio de transporte apresenta suas vantagens e desvantagens específicas, e atualmente é necessário desenvolver melhorias de forma a torná-los cada vez mais atrativos. Mediante os parâmetros



apresentados, o problema levantado se resume em discutir os seguintes pontos: Qual a vantagem de se utilizar a integração dos meios de transportes no escoamento da soja em Goiás? E como a integração dos modos de transportes vigentes pode contribuir na redução dos custos logísticos de distribuição a fim de tornar os produtos goianos mais competitivos no mercado?

Com o objetivo de estruturar um comparativo de custos de transportes, este estudo busca encontrar uma combinação logística mais atrativa e vantajosa para o escoamento da soja, utilizando-se do Corredor Estratégico Logístico - Sudeste, e direcionado pela hipótese de que a intermodalidade pode ser uma forma de redução de custos

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo aplicar modelagens matemáticas de programação linear por meio de simulações com auxílio de softwares computacionais, utilizando a intermodalidade como mecanismo de redução de custos de transportes no escoamento da soja no Estado de Goiás.

O processo metodológico foi utilizado por Silva e Marujo (2012) e se baseia em pesquisa bibliográfica, análise estruturada e simulações a partir de um modelo matemático de programação linear no *software Excel*, utilizando a ferramenta *solver* e no *software Dev-C ++*, por meio de um algoritmo em linguagem de programação C, ou seja, possui uma abordagem quantitativa, segundo as teorias explanadas por Belfiore e Fávero (2013). Para a metodologia, também buscou-se abordar a estrutura das redes de transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário vigentes em Goiás, e por meio de dados e séries históricas apurados nos trabalhos de Reis, J.G.M; Toloi, C.R; Junior, F.M. (2015), Caramuru (2018) e Canal rural (2020), construiu-se o modelo matemático. O escoamento da soja foi simulado por meio do Corredor Logístico Sudeste e, para isso, foram definidos diferentes cenários integrando as redes de transportes, realizando, adiante, um comparativo com cenários que operaram apenas com o transporte rodoviário e outros com a intermodalidade aplicada, e, por fim, propondo a rota mais vantajosa em termos de custos operacionais.

O artigo foi estruturado nos seguintes itens e subitens: 1. *Introdução*, cujo objetivo é apresentar o tema; 2. *O Desenvolvimento Agropecuário e dos meios de Transportes em Goiás: Uma Análise em Perspectiva Histórica*, o qual delinea a evolução das atividades produtivas; 2.1 *A Soja em Goiás*, que aborda o processo de consolidação da soja no mercado agropecuário; 2.2 *O Atual Cenário das Redes de Transportes em Goiás*, que objetiva apresentar as principais modalidades de transportes como corredor de escoamento da produção; 3. *Logística e Pesquisa Operacional*; 3.1 *Logística*, que se destaca como uma ferramenta indispensável para definição dos corredores logísticos dos modais de transporte; 3.2 *Pesquisa Operacional*, a qual define as modelagens matemáticas como uma ferramenta de análise e preparação de decisões; 4. *Materiais e Métodos*, que sistematiza as etapas com a utilização do modelo matemático para o comparativo dos custos entre as rotas; 5. *Resultados*, o qual compreende a análise dos dados comparativos dos



custos obtidos no Excel e Dev-C++; e 6. *Considerações Finais*, que faz uma retomada do artigo e busca evidenciar, a partir dos resultados, as vantagens de redução de custos com a utilização da intermodalidade do transporte.

1 O desenvolvimento agropecuário associado aos meios de transportes em Goiás: uma análise em perspectiva histórica

O movimento das bandeiras é o marco histórico mais antigo de Goiás, provindo desde a era da colonização portuguesa. A descoberta do ouro no sertão no século XVII é marcada pela colonização mineradora, deixando como registros a construção do Estado, as vilas fundadas e as tribos indígenas que foram extintas durante o surgimento do Estado de Goiás por uma comunidade garimpeira violenta e ambiciosa. Logo após a decadência do ouro, o Centro-Oeste brasileiro foi marcado por abandono e isolamento econômico e social, porém, a pecuária, naquele momento, representava uma das poucas atividades econômicas viáveis, o que mais tarde fez com que a região se transformasse em um grande polo agropecuarista no Brasil.

Logo após a descoberta do ouro, uma hierarquia foi organizada e o papel dos mineradores era o de se dedicarem, quase que exclusivamente, à produção de pedras preciosas, não explorando outros mercados e produtos, pois esse era o pensamento mercantilista relevante para aquele momento histórico, afinal, na época, a única riqueza interessante era a posse de ouro. Todo alimento vinha das capitâneas da costa, pois, de acordo com Palacim (1975, p. 16), “as minas eram uma espécie de colônia dentro da colônia”. Essa afirmação explica o atraso no desenvolvimento agropecuário devido às políticas mercantilistas vigentes, mas também contribuído pelo pensamento e pelo comportamento do povo.

Na primeira metade do século XIX, o cenário encontrado na região Centro-Oeste brasileira era insatisfatório. Com a decadência do ouro, a população se dispersou pelos sertões, e as atividades de agropecuária possuíam fins de subsistência. Todavia, a agricultura era apoiada no trabalho escravo, dispondo-se de grandes terras para cultivo, formando um tripé composto pelos escravos, latifúndio e monocultura. (CASTILHO, 1813).

No entanto, no século XIX, o Estado de Goiás foi se desenvolvendo e sua população aumentando gradativamente em decorrência das migrações dos estados com os quais fazia divisa. A pecuária foi se tornando cada vez mais predominante e, como resultado, se tornou o setor mais importante da época, atraindo mais pessoas provindas do Pará, Maranhão, Bahia e Minas Gerais. O transporte em Goiás, em primeira instância, foi advindo da propulsão animal que depois evoluiu para a ferrovia.



Em 1896, a cidade de Araguari-MG dispunha da última estação da ferrovia Mogiana, sendo por ela que Goiás importava e exportava a produção. De acordo com Assis (2018), no ano de 1913, chega a Goiás a primeira ferrovia sendo considerada um símbolo de modernização. A implantação dos trilhos no território goiano foi resultado dos avanços da Região Sudeste no Brasil em virtude da cafeicultura, demandando a inserção de novas regiões ao sistema capitalista regional e ocasionando a expansão da fronteira agrícola. Goiás se insere pela primeira vez de forma relevante e estratégica na economia nacional. No entanto, o isolamento da região era ainda um grande obstáculo para o desenvolvimento contínuo goiano, tendo a agropecuária como a principal atividade do setor econômico.

A pecuária apresentou um significativo crescimento com a construção da ferrovia, aumentando, então, suas exportações, contudo o setor mais favorecido com o advento da ferrovia foi a agricultura. Em 1920, Goiás se destacava na produção de milho, cana-de-açúcar e foi o quarto maior produtor de arroz do Brasil, porém a ferrovia atendia apenas a parte sul do Estado deixando a região norte desprovida.

Na década de 60, surgiram as indústrias com capital internacional para a produção de insumos básicos, voltadas à agricultura, como, por exemplo, as máquinas, os implementos agrícolas, os fertilizantes e os adubos químicos. Esse setor presumia um crescente mercado consumidor para o comércio brasileiro, ao contrário do que ocorreu na primeira metade do século XX, enquanto o mercado nacional enxergava as empresas internacionais, que atuavam aqui como mercado secundário.

Entretanto, os agricultores foram submetidos ao consumo de máquinas, implementos agrícolas e insumos, tudo isso devido à conjuntura desigual de competição da agricultura nacional. Na agropecuária, em Goiás, surgia uma diversidade de complexos agroindustriais. O Brasil, em 1965, criou um sistema de financiamento de crédito rural, que ofereceu empréstimos ao longo de toda a década de 70, isso foi um incentivo para os agricultores instituírem a chamada industrialização da agricultura. De acordo com Santos (1998), os reflexos da modernização da agricultura começam a se concretizar nas décadas de 70 e 80 com a realização de ações do Governo por meio de programas de incentivo agrícola

Em 1999, os municípios de Rio Verde, Jataí, Mineiros, Cristalina e Chapadão do Céu representavam juntos 1/5 de todo o PIB agropecuário goiano. Conforme o IMB (2017), “Sem dúvida, a mudança e o crescimento da importância de alguns produtos na agricultura goiana trouxeram, na esteira do processo, novos municípios entre os destaques da agropecuária”. Com o aumento da população na zona rural, a agricultura obteve maior importância, incluindo novos municípios, como descrito na Tabela 1.



Municípios	1985	Municípios	1996	Municípios	1999
Rio Verde	4,3	Rio Verde	4,2	Rio Verde	7,1
Quirinópolis	3,3	Goiatuba	3,1	Jataí	6
Itubiara	2,3	Jataí	3	Mineiros	3,9
Nova Crixás	2,1	Barro Alto	2,5	Cristalina	2,7
Goiatuba	1,7	São Miguel	2,4	Chapadão do céu	2,5
Total	13,7	Total	15,2	Total	22,2

Tabela 1 – Participação relativa do PIB agropecuário municipal em Goiás (em %)

Fonte: IMB (2017).

1.1 A soja no Cenário Nacional e em Goiás

O sistema agroindustrial da soja é um dos mais expressivos na economia brasileira, destacando-se como um dos mais organizados do agronegócio. A soja desempenha papel relevante na indústria alimentícia, no tocante à produção de rações, de óleos e de outros produtos. A importância da soja na economia nacional pode ser constatada nos números, tanto que, em 2019, o faturamento foi de R\$ 457,1 bilhões das lavouras brasileiras, e o Valor Bruto de Produção (VBP) da soja correspondeu a R\$ 154,0 bilhões (mais de 1/3 do total), com a exportação de 14,5%, como indicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2020).

Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Brasil, em 2020 possuía uma área agrícola de 65,9 milhões de hectares, com destaque para a soja, que preenche mais de 50% da área brasileira de grãos. A solidez e a evolução do mercado da soja e seus derivados, aliados à conjuntura da cadeia produtiva com as soluções tecnológicas, têm criado um contexto favorável para a expansão da cultura em todas as regiões brasileiras, e em especial a do Centro-Oeste, com uma safra entre 2019/2020 de 60,7 milhões de toneladas, representando 48,6% do total do Brasil.

Esse cenário mostra a transformação que ocorreu no campo a partir da Revolução Verde no início dos anos de 1970, com a expansão da agricultura por meio da utilização dos meios tecnológicos, baseados no tripé: pesquisa – assistência técnica – crédito rural. A principal vantagem trazida pela Revolução Verde foi o ganho de eficácia na produção agrícola, que suscitou o aumento de produtividade em diversas lavouras, com destaque para os cereais e para os grãos, como a soja e o milho. Entre as desvantagens desse processo, houve a expulsão de pequenos proprietários e trabalhadores rurais do campo. Nascimento (2016, p.18) aborda que

A Revolução Verde foi um amplo programa baseado em ações de pesquisa e desenvolvimento, idealizado para aumentar a produtividade agrícola no mundo por meio melhoramento genético de sementes e do melhoramento do ambiente, com o uso intensivo de insumos agrícolas ou industriais.



Nesse contexto, o Estado de Goiás, por ter uma geografia e clima favoráveis à agricultura, não ficou isento dos efeitos da Revolução Verde na busca da produtividade e do desenvolvimento do agronegócio, em especial a soja. A partir de 1969 e 1970, a produção contava com apenas 10 mil toneladas ao ano. Nas décadas seguintes, a soja teve um crescimento na produção em quase todos os municípios goianos e seu cultivo veio junto com a modernização da agricultura.

As empresas de pesquisa agropecuária em Goiás foram imprescindíveis nesse processo, tornando mais eficaz toda a produção. A soja exigia técnicas mais modernas de plantio, preparo do solo e manuseio de maquinário. Na época, onde não havia nenhuma adaptação do plantio da soja com o clima do Estado, a produção não ia além de 900 kg/ha; todavia, no ano de 1979, quando a agricultura se modernizou, passou-se a produzir 1.849 kg/ha.

Goiás se inseriu muito bem nesse processo, seja pela localização geográfica ou com o surgimento de políticas públicas, gerando um efeito potencial no agronegócio nacional. A partir de 2006, a agricultura e a pecuária no território goiano aumentaram exponencialmente, chegando a representar 7% de todo o PIB agropecuário brasileiro. No período de 2002 a 2012, em termos de financiamento da agropecuária, Goiás tomou a dianteira, ficando acima do Mato Grosso. Isso se deu porque todo o processo de financiamento foi direcionado para apenas seis estados brasileiros, concentrando mais de 70% de todo o crédito do Sistema Nacional do Cadastro Rural (SNCR). Tais dados foram um indicativo de que a agropecuária voltada ao mercado não havia alcançado todo o território nacional, limitando-se a poucas regiões.

A soja é a cultura que requer maior custeio da produção, seguida do milho e do algodão. Na agricultura, apenas a aquisição de equipamento e maquinário corresponde a 70% dos investimentos. Recentemente, no período de 2002 a 2014, Goiás continuou seu processo de crescimento na agropecuária nacional.

Por fim, percebe-se que a inserção de Goiás na economia nacional como exportador não se deu por acaso, e sim ao longo de um processo bastante penoso aliando ações políticas e institucionais, tendo como elemento principal desse sucesso a agropecuária voltada para o mercado.

1.2 O atual cenário das redes de transportes em Goiás

1.2.1 RODOVIA

A malha rodoviária em Goiás possui 28 mil quilômetros das quais 53% são pavimentadas e 1.278,7 quilômetros são duplicadas, sendo 60% rodovias federais e 40% estaduais. As principais rodovias são: BR-153, categorizada como rodovia longitudinal, que liga do norte ao sul do país; BR-060, categorizada como rodovia radial, ligando a capital do país em direção aos extremos - liga Goiânia a Brasília e o sudoeste goiano; e a BR- 050, categorizada como radial, ligando da capital Federal ao sul do Brasil (CNT 2019).



1.2.2 FERROVIA

A ferrovia Centro-Atlântica (FCA) tem 7.080 km de extensão, e Goiás dispõe de 685 km da ferrovia, que passa pelo sudeste do Estado e no Distrito Federal. É a principal ferrovia que liga Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, faz ligação também entre os portos de Vitória - ES, Santos - SP, Angra dos Reis - RJ, Salvador - BA e o porto seco de Anápolis - GO. Compreende-se, então, que essa ferrovia

É um grande corredor de importação e exportação de produtos para Goiás como: açúcar, adubos e fertilizantes, derivados de petróleo e álcool, produtos siderúrgicos, soja e farelo de soja, fosfato, ferro-gusa, minérios, contêineres de carga geral. (IMB, 2018).

Outra Ferrovia que Goiás dispõe é a Norte/Sul (FNS), que entrou em operação em 1987, com 1.550 km de extensão de Açailândia/MA a Anápolis/GO. Em 2006, a ferrovia sofreu uma ampliação, estendendo-se mais ao norte de Açailândia/MA a Barcerena/ PA, sendo, em 2008, mais uma vez ampliada, indo até a cidade Panorama/SP.

1.2.3 HIDROVIA

A principal hidrovia em Goiás é a Tietê-Paraná, que faz integração entre São Simão-GO e Pederneiras (SP), possuindo 2.400 km de percurso. O porto de São Simão localiza-se no Rio Paranaíba, ao sul de Goiás. Os principais produtos transportados por meio do porto são: soja, milho, farelo de soja, madeira, carvão, adubo e areia. Grande parte da produção a ser exportada por Goiás passa pelo porto de São Simão. O complexo do porto possui capacidade de armazenagem de 2,506 milhões de toneladas no ano. (DIONIZIO *et al.*, 2003).

A Hidrovia Tietê-Paraná está situada em uma área econômica ativa e contém um conjunto de eclusas em cascatas que une lagos situados no Rio Tietê, Paraná, Paranaíba, os rios Grandes e Paranapanema. A hidrovia tem gerado para Goiás uma integração econômica entre o Estado e outras regiões por meio do porto de São Simão; a ligação que ela proporciona é importante para a demanda dos produtos agrícolas. Nos últimos anos, Goiás apresentou um aumento na sua produção, havendo necessidade de escoamento desses produtos para o Sudeste e Porto de Santos, atingindo demandas internacionais. A hidrovia, no entanto, cumpre um papel fundamental na economia de Goiás. (OLIVEIRA, 2018).



2 Logística e pesquisa operacional

2.1 Logística

“Amadores discutem tática e estratégia, profissionais discutem logística”. De acordo com Arbache *et al.* (2011), essa frase foi utilizada por diversos autores ao longo do tempo e carrega em si o peso e a importância da logística e as atividades com ela envolvidas, sendo dita em 2003 por James Roche, então secretário da Força Aérea dos Estados Unidos da América.

Nesse sentido, esses autores comentam que a logística passou a ser vista como uma arma estratégica e competitiva na criação de valor, devido ao desenvolvimento dos mercados consumidores e clientes mais exigentes em relação aos serviços e não somente ao preço de ponta na venda. Essa demanda mais rigorosa almeja a disponibilidade dos produtos como um fator de preferência e diferenciação perante os produtos da concorrência.

A publicação Corredores Logísticos Estratégicos (2017), do Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, atualmente chamado Ministério da Infraestrutura, apresenta um estudo das matrizes de origem e destino das produções, além de exportações da soja e milho no Brasil. O relatório aponta que, em 2015, Goiás produziu 8,6 milhões de toneladas de soja, sendo 3,2 milhões de toneladas destinadas à exportação. A matriz aponta também que o Centro Oeste produziu 43,9 milhões de toneladas de soja, sendo 21,4 milhões de toneladas destinadas à exportação, representando 48,7% do total da produção. Do volume de exportação, 13,7 milhões de toneladas têm fluxo para o Porto de Santos, representando 64% do volume de exportados para a costa paulista, evidenciando a importância desse fluxo de escoamento.

O relatório ainda define que existem nove corredores logísticos estratégicos sendo utilizados para o escoamento e a exportação da soja e seus derivados atualmente no Brasil, e dentro desses nove corredores existem 41 principais rotas logísticas. Juntos, esses corredores somam aproximadamente 37 mil quilômetros de estrutura viária utilizável, dividida entre os mais diversos meios de transporte.

A Figura 1, a seguir, apresenta a divisão dos três principais modos de transporte para as transações logísticas de soja nas diferentes regiões do país em relação aos corredores logísticos estratégicos em 2017, mostrando o claro desequilíbrio dos modos de transporte na estrutura viária, tendo o modo rodoviário como predominante. Apesar do desequilíbrio, o corredor Sudoeste possui uma divisão menos concentrada podendo, assim, obter uma vantagem competitiva.

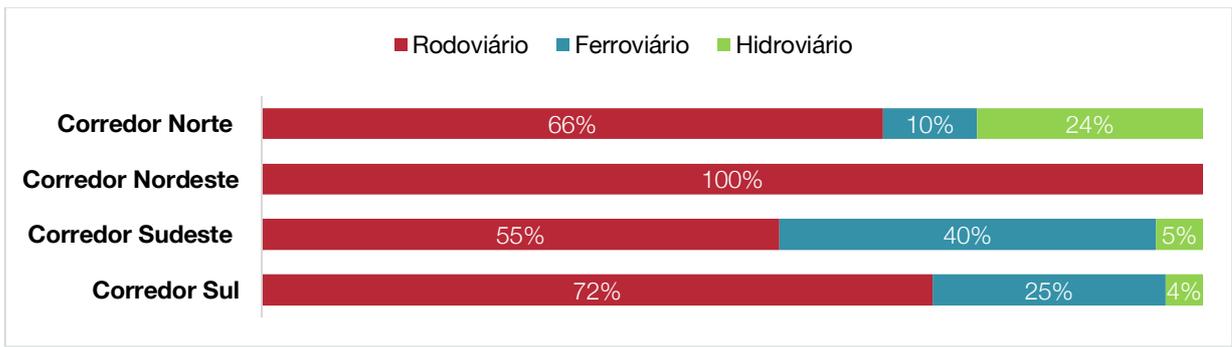


Figura 1 – Divisão modal (km) dos Corredores Logísticos Estratégicos.

Fonte: Corredores Logísticos Estratégicos Vol. I Complexo Soja e Milho (2017).

Por meio dos dados percentuais dos modos de transportes apresentados na Figura 1, percebe-se a clara concentração do modo rodoviário em detrimento dos outros, além de evidenciar a soja como concentradora de volumes entre os graneis transportados.

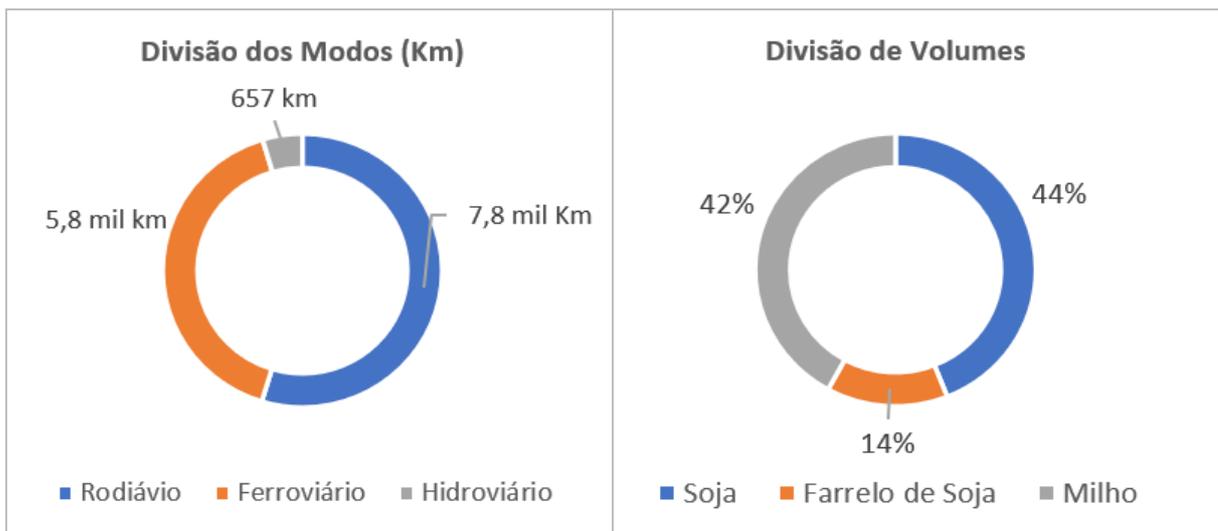


Figura 2 – Divisão dos modos de transportes e volumes de graneis transportados

Fonte: Corredores Logísticos Estratégicos Vol. I: Complexo Soja e Milho (2017).

O Relatório de Corredores Logísticos de 2017 aponta que o Corredor Sudoeste é muito utilizado para o escoamento da soja em Goiás, sendo um dos principais corredores que mais recebem fluxo de soja como um todo, junto com o Corredor Sul, que possui rotas com integração de três modos de transportes: rodoviário, ferroviário e hidroviário.

De acordo com o estudo desse relatório, a utilização da intermodalidade com dois ou mais modos de transporte, passa a ser uma solução logística, com capacidade de aproveitar os diferentes benefícios provenientes dessa combinação e contribuir para a redução de custos operacionais e melhoria nos resultados



financeiros de toda a cadeia produtiva, desde a aquisição da matéria-prima passando pelas indústrias, até o consumidor final.

2.2 Pesquisa operacional

A pesquisa Operacional (PO) ou Programação Operacional, segundo Andrade (2015, p.1), é “um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para análise de decisões” e tem o potencial de resolver diversos problemas mediante modelagens matemáticas como uma ferramenta de análise e preparação de decisões.

Com as mudanças constantes no âmbito comercial, as operações das organizações e seus processos precisam constantemente de inovações e implementações que otimizem seus resultados. Essa demanda por melhorias abre espaço para que novas abordagens sejam estudadas e testadas, onde o processo de identificação de oportunidades ou problemas precisa de uma decisão, seja ela para o avanço ou declínio da proposta.

Atualmente, existe uma infinidade de técnicas que buscam solucionar problemas de otimização, tendo elas como finalidade o planejamento e a visualização da coordenação das operações. Diversos *softwares* e plataformas podem ser utilizadas para a resolução das técnicas de otimização e entre as mais conhecidas e utilizadas pode-se citar o suplemento contido no software *Excel*, o *Solver*. Esse suplemento é bastante utilizado para o teste de hipóteses e busca encontrar um valor ideal para uma formulação em uma das chamadas células, para que se tenha a solução ideal respeitando restrições e/ou limites imputados nas células das planilhas.

Já o Dev-C++ ou Dev-Cpp é um software de ambiente integrado livre, que faz uso de compiladores do projeto GNU, o qual compila programas para o sistema operacional *Microsoft Windows*. Faz-se uso das linguagens de programação C e C++, possuindo biblioteca ANSI C. Por meio desse programa é possível integrar modelos matemáticos de programação linear na criação de algoritmos, utilizando-se linguagem C ou C++ e obedecendo às variáveis de decisão função objetiva e às restrições do modelo.

Um modelo de programação linear é basicamente uma representação matemática da realidade e para modelá-lo é preciso entender qual objetivo do problema, as restrições em que o sistema está inserido, quais as variáveis de decisão envolvidas e qual o tipo de otimização desejada, como, por exemplo, a maximização ou a minimização.

O Problema de Transporte é um caso especial de Programação Linear e deve atender às seguintes condições:

- Tem como objetivo maximizar ou minimizar a função objetivo;
- As restrições devem ser equações de igualdade;



- Todas as variáveis (xi) devem ser positivas ou nulas (condição de não-negatividade); e
- Os termos independentes (bi) de cada equação devem ser não-negativos.

3 Materiais e métodos

Com o objetivo de aproveitar as vantagens da intermodalidade no escoamento da soja no Estado de Goiás, o modelo matemático será formulado e aplicado conforme os modelos desenvolvidos por Silva e Marujo (2012) e Belfiore e Faveiro (2013), utilizando o *software Excel e DEV-C++*. No *Excel*, serão usadas a ferramenta *Solver* e o método de resolução LP *Simplex*, minimizando a função objetivo. No *DEV-C++*, será realizado um algoritmo na linguagem de programação C, obedecendo à minimização dos custos e às restrições propostas no modelo matemático; por fim, será realizado um comparativo dos custos das rotas utilizando as duas ferramentas.

O modelo fornece ao usuário a definição da quantidade de locais de origem, locais de destino e locais de transbordos (intermediários). Nesse modelo, a capacidade de produção dos fornecedores é infinita e a demanda se caracteriza inferior a essa capacidade. Os meios de transportes utilizados foram: rodoviário, ferroviário e hidroviário.

Conforme Silva e Marujo (2012), para cada meio de transporte, foi concedido um número de frequência máxima. Para não ocorrer a situação de um dos meios de transporte ser utilizado entre dois locais aleatórios, inseriu-se uma frequência nula. Para cada modo de transporte foram descritos o custo unitário de transporte, o custo de armazenamento, a capacidade de carga transportada, a distância entre os trechos, a capacidade de armazenamento nas cidades intermediárias e a demanda do porto de Santos/SP, variáveis retiradas dos trabalhos de Reis, J. G. M; Tolo, C. R; Júnior, F. M. (2015), Caramuru (2018) e Canal Rural (2020).

Para a realização das etapas metodológicas, foram utilizadas as principais fases de um estudo de PO, descritas por Hillier e Lieberman (2006), sendo elas:

ETAPA 01 → Definição do problema e coleta de dados

ETAPA 02 → Formulação do modelo matemático para representação do problema

ETAPA 03 → Desenvolvimento de um procedimento computacional a fim de encontrar soluções para o problema

ETAPA 04 → Testagem do modelo e aprimoramento, se necessário

ETAPA 05 → Implementação do modelo.

Levando em consideração os custos de transportes e a sua minimização junto às variáveis de decisão que foram caracterizadas, a equação 1.1 apresenta a função objetivo.



$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{i \in L} \sum_{j \in J} A_{i,j,m} * P_{i,j,m} * R_{i,j,m} + \sum_{j \in J} \sum_{u \in J} B_{j,u,m} * H_{j,u,m} * Z_{j,u,m} \sum_{u \in J} \sum_{k \in K} O_{u,k,m} * Q_{u,k,m} * S_{u,k,m} \right) \quad (1)$$

A restrição 01 apresentada nas equações 1.2 e 1.3, a seguir, asseguram que não sejam ultrapassadas as capacidades de armazenagem nos locais de transbordos.

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{i \in L} P_{i,j,m} * R_{i,j,m} - \sum_{j \in J} H_{j,u,m} * Z_{j,u,m} \right) \leq E_j \quad (2)$$

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{u \in J} H_{j,u,m} * Z_{j,u,m} - \sum_{k \in K} Q_{u,k,m} * S_{u,k,m} \right) \leq Y_u \quad (3)$$

A restrição 02 exposta na equação 1.4 certifica que a demanda dos portos seja suprida.

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{u \in J} Q_{u,k,m} * S_{u,k,m} \right) F_K, \forall k \in K \quad (4)$$

A restrição 03 exibida na equação 1.5 assegura que seja transportada carga suficiente para suprir a demanda desde o local de origem.

$$\sum_{m \in M} \left(\sum_{j \in J} P_{i,j,m} * R_{i,j,m} \right) \geq \sum_k F \quad \forall k \in K \quad (5)$$

As restrições 04, 05 e 06 expressas nas equações 1.6, 1.7 e 1.8 respectivamente garantem que o volume da soja transportada não ultrapasse a capacidade da frota.

$$0 \leq R \leq C_{i,j,m}, \forall i \in L; \forall j \in J; \forall m \in M \quad (6)$$

$$0 \leq Z \leq D_{j,u,m}, \forall j \in J; \forall U \in J; \forall m \in M \quad (7)$$

$$0 \leq S \leq W_{u,k,m}, \forall U \in J; \forall K \in k; \forall m \in M \quad (8)$$

A restrição 07 indicada na equação 1.9 propicia que a frequência das viagens seja um número inteiro.

$$P_{i,j,m} H_{j,u,m} Q_{u,k,m} \in \{1,2, \dots, \text{inteiro}\} \quad \forall i \in L; \forall j \in J; \forall u \in J; \forall m \in M \quad (3)$$

Legenda das unidades que compõem as equações:

L - locais de produção da soja;

K - portos;

M - meios de transportes;



J - grupos de locais intermediários;

i - local de origem com $i \in L$;

j - local de transbordo com $j \in J$;

u - local de transbordo com $u \in J$;

k - porto de destino com $k \in K$;

m - meio de transporte com $m \in M$;

Representatividade das variáveis de decisão:

$A_{i,j,m}$ - custo unitário de transporte da origem (i) ao local de transbordo (j) por meio do modal (m);

$B_{j,u,m}$ - custo unitário de transporte do local de transbordo (j) ao local de transbordo (u) por meio do modal (m);

$O_{u,k,m}$ - custo unitário de transporte do local de transbordo (u) ao porto de destino (k) por meio do modal (m);

$C_{i,j,m}$ - volume máximo transportado por cada modal da ligação (i, j) por meio do modal (m);

$D_{j,u,m}$ - volume máximo transportado por cada modal da ligação (j, u) por meio do modal (m);

$W_{u,k,m}$ - volume máximo transportado por cada modal da ligação (u, k) por meio do modal (m);

E_j - volume máximo de soja estocada que o local de transbordo comporta (j);

Y_u - volume máximo de soja estocada que o local de transbordo comporta (u);

$R_{i,j,m}$ - volume de soja transportado na ligação (i, j) por meio do modal (m);

$Z_{j,u,m}$ - volume de soja transportado na ligação (j, u) por meio do modal (m);

$S_{u,k,m}$ - volume de soja transportado na ligação (u, k) por meio do modal (m);

F_K - demanda no porto de destino (k);

Propósito:

$P_{i,j,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (i, j) por meio do modal (m);

$H_{j,u,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (j, u) por meio do modal (m);

$Q_{u,k,m}$ - frequência de viagens por mês na ligação (u, k) por meio do modal (m).

A cidade de origem escolhida foi Rio Verde/GO por possuir histórico de produção do grão. As cidades intermediárias foram: São Simão/GO, que dispõe da hidrovía Tietê-Paraná e do armazém Caramuru Alimentos (2018); e Pederneiras/SP, que dispõe de armazéns da Caramuru Alimentos e da ferrovia companhia paulista, que atualmente é administrada pela Rumo S.A.

A outra cidade intermediária escolhida foi Anhembi/SP, que também possui armazéns da Caramuru Alimentos, e o destino selecionado foi o porto de Santos/SP, que detém histórico de exportação da soja. Ao total, foram definidas cinco rotas diferentes fazendo-se uso das redes de transportes rodoviária, hidroviária e ferroviária, apresentadas nas Figuras 3 a 7, a seguir.



Figura 3 – Itinerário rota 01

Fonte: elaborado pelos autores.

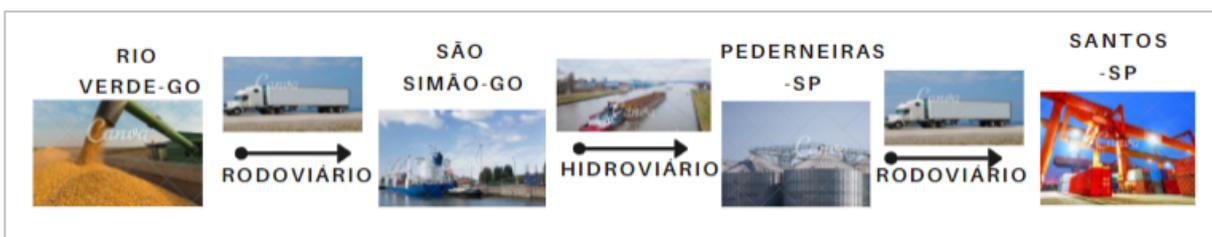


Figura 4 – Itinerário rota 02

Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5 – Itinerário rota 03.

Fonte: elaborado pelos autores.

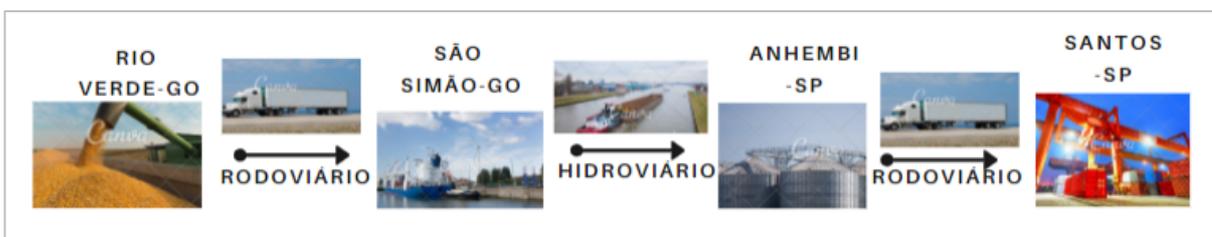


Figura 6 – Itinerário rota 04.

Fonte: elaborado pelos autores



Figura 7 – Itinerário rota 05.

Fonte: elaborado pelos autores



4 Resultados

O modelo metodológico foi executado, obtendo-se, assim, os resultados conforme o esperado, com frequência de utilização do modo de transporte e o custo total da rota por tonelada transportada do modal mais eficiente. As Tabelas 2 a 6 se referem aos resultados obtidos a partir do modelo matemático executado no *Excel*.

Rota 01	Frequência das viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	60,76
Ferrovário	1.422	

Tabela 2 - Rota 01 resultados software Excel

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 02	Frequência das viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	68,86
Rodoviário	79.780	

Tabela 3 - Rota 02 resultados software Excel

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 03	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Rodoviário	79.780	83,71
Rodoviário	79.780	

Tabela 4 - Rota 03 resultados software Excel

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 04	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	60,14
Rodoviário	79.780	

Tabela 5 - Rota 04 resultados software Excel

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 05	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Rodoviário	79.780	78,02
Rodoviário	79.780	

Tabela 6 - Rota 05 resultados software Excel

Fonte: elaborado pelos autores.



De acordo com os resultados obtidos pelo modelo executado no Excel, destaca-se o modal para cada rota pesquisada: a rota 01 em comparação com a rota 02 obtém vantagem de custo, possuindo uma diferença de R\$ 7,84 por tonelada; a rota 01 em comparação com a rota 03 possui vantagem de R\$ 22,95 por tonelada; a comparação da rota 02 em relação à rota 03 possui uma diferença de R\$ 14,85 reais por tonelada; e entre as rotas 04 e 05 verifica-se uma distinção de R\$ 17,88 reais por tonelada.

Nota-se que a rota 03 e a rota 05, que fazem uso apenas do modo rodoviário, são as mais caras em termos de custos de transporte. A rota 01, que possui como uma das cidades intermediárias Pederneiras/SP, é a mais barata, obtendo vantagens econômicas em relação às demais, por escoar a soja utilizando três diferentes modos de transportes (rodoviário, hidroviário e ferroviário). A rota 04, que possui como uma das cidades intermediárias Anhembi/SP, é mais barata em relação à rota 05, que dispõe apenas do modo rodoviário.

As Tabelas 7 a 11, a seguir, apresentam os resultados obtidos no algoritmo compilado no *software Dev-C++* e os custos que são dados por tonelada.

Rota 01	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.801	
Hidroviário	666	60,82
Ferrovário	1.424	

Tabela 7 - Rota 01 resultados software Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 02	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.780	
Hidroviário	665	68,87
Rodoviário	79.800	

Tabela 8 - Rota 02 resultados software Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 03	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Rodoviário	79.781	83,71
Rodoviário	79.781	

Tabela 9 - Rota 03 resultados software Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 04	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Hidroviário	665	60,15
Rodoviário	79.800	

Tabela 10 - Rota 04 resultados software Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.

Rota 05	Frequência de viagens	Custo total da rota (R\$) / tonelada
Rodoviário	79.781	
Rodoviário	79.781	78,01
Rodoviário	79.781	

Tabela 11 - Rota 05 resultados software Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.



Conforme os resultados do problema de transportes elaborado no *Dev-C++*, a rota 01 em comparação à rota 02 apresentou uma diferença de R\$ 8,05 por tonelada. Em relação à rota 03, a rota 01 possui vantagem de R\$ 22,89 por tonelada. Ao se comparar a rota 02 com a rota 03 percebe-se uma diferença de R\$ 14,84 por tonelada. Por último, a rota 04 em relação à rota 05 encontra-se em vantagem de R\$ 17,86 por tonelada.

No *Dev-C++*, as rotas que detiveram os maiores custos foram a 03 e 05 e a de menor custo foram a 01 e 04, sendo notável a diferença de custo das rotas 03 e 05, que fazem uso exclusivo do modo rodoviário em relação às rotas 01, 02 e 04, que fazem uso da intermodalidade disponível no percurso da simulação.

A Tabela 12, a seguir, mostra a comparação dos custos obtidos pelos dois *softwares* empregados neste trabalho e apresenta os custos finais pela unidade de reais por tonelada.

<i>Software</i>	Rota 01	Rota 02	Rota 03	Rota 04	Rota 05
<i>Excel</i>	60,76	68,86	83,71	60,14	78,02
<i>Dev-C++</i>	60,82	68,87	83,71	60,15	78,01
Diferença R\$/t	0,06	0,01	0	0,01	0,008

Tabela 12 - comparação dos custos obtidos no Excel e Dev-C++

Fonte: elaborado pelos autores.

Pôde-se perceber que o modelo desenvolvido no *software Dev-C++* não apresentou custos exatamente iguais - na maior parte dos cenários - em relação aos custos do *Software Excel*, isso se deve ao fato que o *Excel* possui a ferramenta *Solver* e o mecanismo *LP Simplex* de minimização de custos. Assim, as frequências de viagens obtidas dadas no *Excel* não foram números inteiros para o transporte hidroviário e ferroviário sendo necessário arredondá-los, ou seja, em cada frequência, o modo de transporte de cada trecho realizou o percurso em sua capacidade máxima de carga.

Já o *software Dev-C++* não possui a ferramenta *Solver* e o mecanismo de minimização de custos *LP Simplex*. Desse modo, as frequências dadas foram números inteiros, permitindo que em cada trecho o modal possa percorrer sem ser em sua capacidade máxima de carga para suprir a demanda do porto de Santos/SP, o que, conseqüentemente, aumenta as frequências em relação ao *Excel*.



Considerações finais

A intermodalidade já é bem reconhecida como uma forma de se reduzir os custos de transportes no escoamento dos produtos. A hipótese básica proposta para este trabalho foi o de compreender como a intermodalidade poderia ser aplicada como forma de obtenção de vantagens competitivas no escoamento da soja em Goiás. Para isso foi construído um modelo de escoamento da soja em Goiás com a utilização de técnicas da Programação Linear.

O processamento dos modelos construídos revelou que as rotas onde o transporte foi realizado com a intermodalidade obtiveram um potencial de economia médio de quase R\$ 39 milhões de reais. Em termos percentuais, a diferença média de economia potencial para o cenário analisado foi de 21,56% a menos nos custos de transporte, o que significa uma vantagem competitiva de aproximadamente 21% no preço de ponta ou contribuição nos resultados financeiros e contábeis, caso fossem aplicados elementos de intermodalidade

Portanto, os resultados encontrados revelaram que o uso da intermodalidade no escoamento da soja em Goiás apresentou vantagens econômicas em relação ao transporte utilizando apenas o modo rodoviário. As empresas buscam cada vez mais formas de encontrar competitividade perante seus concorrentes para garantir uma rentabilidade para seus negócios, e, nessa perspectiva, a modelagem matemática em diferentes ambientações computacionais, por meio de simulações, pode auxiliar em uma tomada de decisão mais assertiva.

Referências

- ANDRADE, E. L. *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões*. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ARBACHE et al. *Gestão da Logística, Distribuição e Trade Marketing* - 4ª ed. - Rio de Janeiro: Editora FGV, 2011.
- ASSIS, F. R. W. *Estudos de história de Goiás*. 3ª. ed. Goiânia: editora palavrear livros, 2018, v. 01, 172 p.
- BELFIORE, P; FÁVERO, L.P. *Pesquisa Operacional: para cursos de engenharia*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier editora, 2013. v. 01. 545 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)*. 2020a. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 28 set. 2020.



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro*. 2020b. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

CANAL RURAL. *Soja: quase 30% das exportações em junho saíram pelo porto de Santos*. Dados da SECEX. Julho/2020. Disponível em <<https://url.gratis/FKqTn>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CARAMURU ALIMENTOS. *Fluxo logístico Caramuru: hidrovia Tietê-Paraná e hidrovia do Tapajós-Amazonas*. 2018. Disponível em <<https://url.gratis/CdwM3>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

CASTILHO, D.F.C. *Decadência do ouro. Conjunto documental: Goiás*. Ministério do Império. Ofícios dos Presidentes. Vila Boa. Novembro 1813.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Brasil - Série Histórica de Área Plantada, Produção e Produtividade Safras 1976/77 a 2019/20*. Maio/2020. Disponível em: <<https://url.gratis/tqCcE>>. Acesso em: 10 maio 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Safra 2018/19 - N. 9 - Nono levantamento*. 2019. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. *Pesquisa CNT de rodovias 2019: Relatório Gerencial Brasília, 2019, 238p*. Disponível em <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencial>>. Acesso em: 03 abr. 2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. *Anuário CNT do Transporte – Estatísticas Consolidadas*. Brasília: CNT, 2020. 13-14 p.

DIAS, M. A. *Como é o atual cenário da intermodalidade no Brasil?* Disponível em <<https://url.gratis/26ERr>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

DIONIZIO. E. C. P; SILVEIRA. I. P; JÚNIO. J.A. *A Importância do Porto de São Simão-GO para a economia goiana*. Goiânia. Disponível em <<https://url.gratis/HluB9>>. Acesso em: 01 maio 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Diagnóstico da produção de soja nas macrorregiões sojícolas 2 e 3 / Marcelo Hiroshi Hirakuri... [et al.] editores técnicos. – Londrina: Embrapa Soja, 2020. 124 p. - (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 435).*

HILLIER; LIEBERMAN. *Introdução à pesquisa operacional*. 8ª Ed. São Paulo: editora de desenvolvimento Ada Santos Seles, 2006, v. 01. 850 p.

INSTITUTO MAURO BORGES. *Agropecuária goiana: uma análise em perspectiva histórica*. Goiânia, 2017, 50 p.



INSTITUTO MAURO BORGES. *Goiás visão geral 2018*. Goiânia, 2018, 25 p. Disponível em <<https://url.gratis/Xd95m>>. Acesso em: 03 abr. 2020

MARTINS, R. S. e CYPRIANO, L. A. *Logística Pública: Discussão e Evidências dos Impactos dos Sistemas de Transportes para os Agronegócios Brasileiros e para o Desenvolvimento Regional*. In: MOURA, A. D. e SILVA JÚNIOR, A. G. (Ed.). *Competitividade do Agronegócio Brasileiro em Mercados Globalizados* Viçosa, UFV, 2004. 262p.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. *Corredores Logísticos Estratégicos: Complexo de Soja e Milho*, Brasília: MTPA, 2017.

NASCIMENTO, P. P. *A trajetória da cooperação científica internacional da EMBRAPA: do emparelhamento tecnológico (Catching-Up) com a revolução verde à liderança tecnológica na agricultura tropical* / Petula Ponciano Nascimento. 2016.

OLIVEIRA, S.H. *A Hidrovia Tietê-Paraná e a Função do Complexo Portuário de São Simão para o Agronegócio em Goiás*. Dissertação (pós-graduação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

PALACÍM, Luís. *O Século do Ouro em Goiás: 1722-1822 estrutura e conjuntura numa capitania de minas*. 4. ed. Goiânia: Editora da UCG, 1994.

REIS, J.G.M; TOLOI, C.R; JUNIOR, F.M. Análise da viabilidade de custos do transporte de soja de Mato Grosso via hidrovia Tietê-Paraná. In: 1ª EINEPRO, 2015, São João da Barra-RJ. *Anais: Hidrovia Tietê Paraná: análise dos custos logísticos e viabilidade econômico operacional*. Ponta Grossa: Atena editora, 2018, p. 36-47

SANTOS, R.L. *A modernização da agricultura em Goiás na perspectiva da pesquisa agropecuária*. 1998. 176 p. Dissertação (pós-graduação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

SILVA, M.P; MARUJO, L.G. Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no Centro Oeste brasileiro. *Journal of Transport Literature*, Rio de Janeiro, v. 06, n. 03, p. 90-106, 2012.