

Análise de competitividade da expansão do sistema dutoviário Logum para o transporte de etanol no Centro-Oeste

André Vieira Lobo
Isabella Ramos de Campos
Maria Julia Rosolen Lembi
Fernando Pauli de Bastiani
Rodrigo de Moraes Santos

1. Introdução

É importante iniciar esta discussão salientando a relevância do setor sucroenergético no Brasil. O etanol, uma substância muito presente no cotidiano dos brasileiros é, majoritariamente, utilizado como combustível para os inúmeros tipos de transporte. Desde a década de 1970, após a crise do petróleo, a produção de etanol ganhou, cada vez mais, ao longo dos anos, um notável espaço no mercado global. Atualmente, o Brasil é considerado um dos maiores produtores de etanol o mundo.

Ao passo que a produção de etanol vai ganhando espaço no Brasil, notou-se a necessidade de realizar uma análise mais profunda sobre sua produção e logística. Segundo dados da ANP, a produção de etanol, quase em sua totalidade, inicialmente estabelecida, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, passou a se consolidar, essencialmente, na região Centro-Oeste.

Posto isto, com a consolidação do Centro-Oeste como um polo produtor de etanol no Brasil, principalmente, por questões de clima e solo favoráveis à produção da cana-de-açúcar, foi possível expandir as possibilidades deste setor para, assim, lidar com suas limitações. O etanol de milho, por exemplo, que será amplamente mencionado a seguir, vem se mostrando uma alternativa eficaz, visto que, além de ser uma possibilidade para a entressafra da cana-de-açúcar, sua produção se encontra, principalmente, na região Centro-Oeste.

1.1. Contexto e justificativa

Dando continuidade, nota-se, ao longo deste estudo que, ao passo que a região Centro-Oeste se fortaleceu na produção de etanol, o Sudeste se tornou a região que maior demanda o combustível. Seguindo esta linha, chega-se a seguinte questão: como atender a elevada demanda por etanol, da região Sudeste, de forma mais efetiva, considerando a atual cadeia logística brasileira?

1.2. Objetivos

O objetivo deste estudo consiste, sucintamente, em analisar a competitividade e a viabilização de se expandir o sistema dutoviário da Logum na região Centro-Oeste. Esta expansão proporcionaria maior eficiência no transporte de etanol, assim como permitiria uma maior independência do modal rodoviário, o qual é predominante no Brasil. Além

disso, na metodologia, serão apresentadas as formas pelas quais foram elaborados os cálculos, que permitirão fazer a comparação entre o custo-benefício do modal rodoviário e o intermodal, caracterizado pela junção dos modais rodoviário e dutoviário, uma vez que o principal objetivo da intermodalidade é a redução de custos.

2. Revisão de literatura

2.1. O setor de etanol

Um dos pontos primordiais para a discussão da temática tratada é a melhor compreensão sobre o setor de etanol, quais são seus números, onde está localizada sua produção, questões de demandas e outras particularidades que o tema carrega.

Segundo Kohlhepp (2010) o etanol ganhou destaque no cenário brasileiro a partir da criação do programa Pró-Alcool no ano de 1975, a crise do petróleo ocorrida em anos anteriores assolou os brasileiros com sua dependência do petróleo estrangeiro para abastecer os automóveis do país. Sendo assim, o governo vigente da época encontrou uma solução nesse biocombustível como caminho para diminuição da importação de petróleo.

De modo a fazer uma estática comparativa sobre os números de produção do etanol no Brasil, é interessante analisar o boletim disponibilizado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) a partir de 2014. Sendo assim, conforme ANP (2014) o ano de 2014 contava com 376 plantas produtoras de etanol ratificadas pelo órgão regulador, totalizando 197.961 m³ ao dia de produção de etanol hidratado e 101.293 m³ ao dia de etanol anidro, ademais 6 novas plantas produtoras já haviam recebido o aval para inicializar sua produção. Dentre essas 382 plantas produtoras de etanol, 97,6% utilizavam a cana-de-açúcar como matéria prima e concentra seus maiores números de fabricação, respectivamente, nas regiões do Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste.

Ao analisar esse cenário novamente ANP (2017) dispôs que no ano de 2017 as regiões Sudeste, Centro- Oeste e Nordeste continuavam a encabeçar os maiores números de produção do etanol brasileiro, entretanto, é interessante notar que somente a região Centro-Oeste despontou ao adquirir novas plantas produtoras, enquanto as outras regiões campeãs se mantiveram sem novas aquisições. Ainda conforme ANP (2017) no referente ano o Brasil totalizava 384 plantas produtoras, gerando 216.883 m³/dia de etanol hidratado e 117.036 m³/dia de etanol anidro.

À medida que nota-se a considerável expansão da produção de etanol no centro-oeste, faz-se necessária uma análise exploratória mais profunda nesta área para compreensão do crescimento do setor etanol e as causas que o cercam.

A região centro-oeste é composta pelos estados do Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal. Uma série histórica de dados disponibilizada pela UNICA (2019) mostrou o crescimento um vertiginoso crescimento das últimas 10 safras de etanol nesses estados, mais especificamente um aumento de: 152% no estado do Goiás, 164% no estado do Mato Grosso do Sul e 196% no estado do Mato Grosso.

Para Bittencourt e Gomes (2014) durante as safras canavieiras de 2009 a 2012 viu-se uma inversão no panorama de produção, o estado de São Paulo sempre ocupou lugar de destaque em tal setor, entretanto, notou-se uma queda em sua produtividade. Em contrapartida, o Centro-Oeste, especialmente os Estados do Mato Grosso e Goiás.

Por conseguinte, Bittencourt e Gomes (2014) justificam tal inversão à medida que o sudeste vem se consolidando cada vez mais como um polo biotecnológico de alta qualidade e o centro-oeste possui uma grande área degradada por pastagens, solo que pode ser reaproveitado para o cultivo da cana-de-açúcar, logo, o setor sucroalcooleiro ganhou uma vasta quantidade de terras para ser sua nova fronteira de expansão no cultivo da cana-de-açúcar.

Shikida (2013) em seu estudo sobre as potencialidades canavieiras da região centro-oeste acrescenta que além das condições edafoclimáticas favoráveis, suas terras possuem significativamente um preço mais atrativo quando comparadas as terras paulistas, sua fronteira vizinha canavieira. Por conseguinte, dada à imensidão das terras, há possibilidade de substituição do foco produtivo dos subprodutos advindos da cana-de-açúcar, caso um desses entre em crise no mercado.

No entanto, o etanol brasileiro, majoritariamente obtido da cana, vem ganhando outro personagem para compor novos desdobramentos: o milho. Milanez et. al (2014) em seu trabalho dispõe que o milho não é uma commodity que tem a intenção de substituir a tradicional e consolidada cultura canavieira brasileira, mas sim como uma alternativa a algumas dificuldades encontradas. Uma das problemáticas enfrentadas na cultura canavieira é que esta não pode ser processada durante a entressafra, já o milho, é um grão que possibilita estocagem durante o ano todo. Em determinado ponto, a pesquisa ressalta novamente a região centro-oeste, dessa vez como tradicional produtora de milho-safrinha no país, seu cultivo ocorre de modo rotacional com a cultura da soja na região.

Milanez et. al (2014) além do mais pontua que o milho-safrinha abre a possibilidade das usinas açucareiras ociosas a utilizarem toda sua estrutura produtiva para extrair seus subprodutos. Os autores ainda fazem a ressalva de que mesmo se o grão enfrentar uma alta do preço que enfraqueça suas exportações, há a alternativa do excedente de produção ser utilizado para diversos fins, em especial, na geração de etanol.

Em termos estatísticos, o etanol a partir do milho nas safras 2014/15 e 2016/17 viu sua produção expandir de 26.483 m³ para 243.137 m³, e o crescimento acelerado tomou constância, pois os dados de 2018 indicam que naquele ano gerou-se 525.000 m³, sendo 440.000 de etanol hidratado e 85.000 m³ de etanol anidro. (NASTARI,2019). O estudo ainda complementa que claramente é uma produção inferior à norte-americana (campeã na produção do etanol à partir do milho), entretanto em 10 anos estima-se que a capacidade produtiva brasileira atingirá a marca de 200 milhões de toneladas de milho/ano, o que garantirá maior independência de matriz energética e diversificação das matérias-primas de seus combustíveis.

De modo a justificar e consolidar a importância do presente estudo, é de suma importância expor onde se concentra a demanda pelo etanol no território brasileiro. Conforme dados dispostos pela ANP (2009) a demanda por etanol no ano de 2009 por se dispôs nas regiões brasileiras: 1.349.022 de m³ no Centro-Oeste; 163.291 de m³ no Norte; 1.373.629 de m³ no Nordeste; 1.924.296 de m³ no Sul; 8.050.493 de m³ no Sudeste.

Já no ano de 2019, segundo dados pela ANP (2019) a demanda por etanol se dispôs entre as regiões da seguinte maneira: 8.031.920 de m³ no Centro-Oeste; 116.459 de m³ no Norte; 1.195.165 de m³ no Nordeste; 1.291.674 de m³ no Sul; 12.215.029 de m³ no Sudeste.

Ao analisar e comparar os números apresentados sobre a demanda de etanol é possível concluir que o sudeste perdura como maior demandante de etanol no país e também aumentou sua demanda por esse combustível. Contudo, ao longo desses anos houve uma estagnação na produção do etanol nessa região, o que leva a problemática de suprir essa demanda de combustível a partir de outras regiões produtoras mais longínquas, o que torna a operação mais custosa e complexa.

2.2. Logística do etanol

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), há 362 instalações produtoras de etanol registradas no Brasil, de modo que grande parte destas usinas estão instaladas na região sudeste.

No contexto da cadeia de etanol, é possível descrevê-la a partir de quatro possibilidades de fluxos. Primeiramente, há o trajeto entre os produtores e as bases distribuidoras, o qual é, em sua maioria, realizado pelo modal rodoviário. A segunda possibilidade consiste em distribuir o produto entre as bases e/ou varejo. Há também a possibilidade de trajeto entre as usinas até os portos, em casos de exportação do produto. E por fim, o último fluxo possível, é o realizado entre as bases distribuidoras (XAVIER, 2008). Este fluxo pode ser visualizado na imagem abaixo:

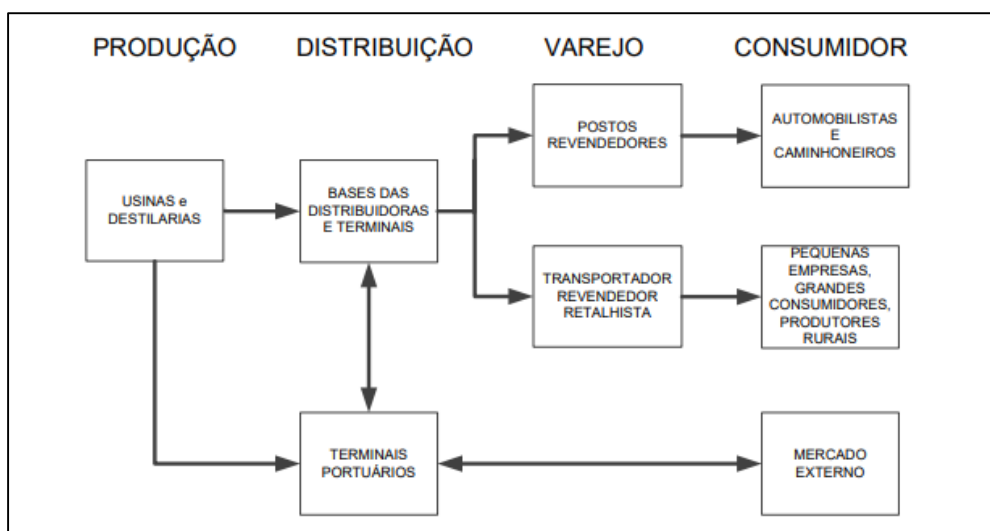


Figura 1 - Representação das etapas e fluxos de abastecimento de etanol.

Fonte: Xavier (2008).

Posto isto, tais bases de distribuição são os locais onde há a armazenagem e posterior distribuição do produto (SOARES, 2003). Ademais, é importante mencionar que tais bases de distribuição são diferenciadas em bases primárias e secundárias. As bases primárias, normalmente, encontram-se nas proximidades das áreas produtoras, e dispõe de um fácil acesso aos modais de transporte (rodoviário, ferroviário hidroviário ou dutoviário), que direcionará o produto até a base secundária. Já a base secundária, possui como objetivo assistir consumidores mais distantes das usinas produtoras ou até mesmo executar a atividade de um local de concentração de cargas (XAVIER, 2008 apud MALIGO, 2005; SOARES, 2003).

O constante aumento na produção e, principalmente, no consumo do etanol pela população brasileira, revelam a importância deste produto para a economia nacional (UNICA, 2020). Desta forma, é correto salientar que tanto para o mercado interno, quanto para o externo, a infraestrutura logística afeta diretamente a cadeia deste produto como um todo.

As dificuldades presentes na estrutura logística brasileira ocorrem por inúmeros e diferentes motivos, mas, principalmente, pela escassez de investimentos e aprimoramentos neste setor. Ainda, é válido mencionar que, devido aos gargalos operacionais existentes, há um grande gasto com reparos e manutenção ocasionais, de modo que estes reparos se tornam ineficazes a longo prazo (SILVA; MARUJO, 2012).

Existem, no mercado, diversos tipos de modais, os quais variam conforme o tipo de carga, seu volume, entre outras especificações. Segundo Silva e Marujo (2012), o transporte de cargas brasileiro é, predominantemente, realizado pelo modal rodoviário. Esta realidade está vinculada ao fato de que, no caso do etanol, há a concorrência em rotas mais curtas com um menor volume carregado. Além disso, pode-se dizer que quase a totalidade de movimentações de etanol é realizada via rodovias, já que, normalmente, as instalações das usinas são em locais afastados e de difícil acesso, o que dificulta a existência de um modal alternativo na região (MILANEZ et al., 2010).

Embora seja vantajoso esta proximidade entre as usinas produtoras e os consumidores, é válido salientar que, para que haja um custo-benefício maior, assim como a execução satisfatória do transporte com a entrega final do produto, é preciso ponderar as necessidades de melhorias para que sejam viabilizadas outras alternativas de transportes além do rodoviário, tais como o ferroviário, o hidroviário e o dutoviário (MITSUTANI, 2010).

Em primeiro lugar, tem-se o transporte rodoviário. Como já mencionado anteriormente, este modal é o mais utilizado para transporte de cargas no Brasil. Segundo Coletti e Oliveira (2016), o que pode justificar a persistência do uso do transporte rodoviário é o fato de as áreas produtoras se localizarem próximas dos centros de distribuição, já que esta modalidade de transporte é ideal em casos de rotas curtas.

Dando sequência, o segundo a ser tratado é o ferroviário, que atualmente é a segunda modalidade de transporte mais utilizada no Brasil. Embora apresente um alto custo, o transporte de cargas feito por ferrovias tem a capacidade de movimentar grandes volumes (BALLOU, 2004). Além disso, é válido salientar que o modal ferroviário vem crescendo, o que proporciona um maior reconhecimento deste transporte no mercado logístico brasileiro (BRANCO; CAIXETA FILHO, 2011).

Com relação ao modal hidroviário, pode-se dizer que se trata de uma modalidade recomendada para transporte de grandes volumes. Outrossim, o transporte hidroviário é considerado um modal de custo relativamente baixo, sendo apontado como a modalidade mais lenta entre todos os outros. Apesar disto, o transporte hidroviário possui benefícios, tal como a mínima agressão ao meio ambiente (SCHALCH, 2016).

Por fim, o último modal a ser tratado nesta seção é o modal dutoviário. Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), o transporte dutoviário é uma forma de transportar grandes volumes de cargas, a baixos preços, se comparado a outros

modais. No caso do transporte de líquidos e gasosos, o modal dutoviário se apresenta como o mais eficaz (REJOWSKI, 2007).

Neste sentido, é válido conceituar a intermodalidade, a qual baseia-se na integração das modalidades de transporte, de modo que seu principal e mais relevante benefício, é a redução de custos, sobretudo quando há grandes distancias entre os produtores e os consumidores (ALMEIDA et al., 2016 apud CHANG, 2008). Esta integração entre os principais modais de transporte utilizados nas movimentações de etanol (rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário) proporcionaria ao Brasil grande vantagem no mercado sucroalcooleiro. A necessidade desta associação entre as modalidades poderia se tornar um recurso para unir as diferentes áreas da cadeia do etanol: a produção, os consumidores e o mercado externo (LÍCIO, 1995).

Ainda, é válido salientar que o investimento na intermodalidade, de forma que haja um maior aproveitamento das modalidades como um todo, bem como do modal dutoviário, por exemplo, pode promover inúmeros e diversos ganhos, tal como a diminuição de CO₂ no meio ambiente, a qual é relativamente alta quando se trata do transporte rodoviário (BRANCO et al., 2019).

2.3. Sistema Logum

A Logum Logística S.A. foi criada no dia 1º de março de 2011 para ser uma empresa responsável pela construção e operação de um Sistema Logístico de Transporte de Combustíveis e Biocombustíveis (logística, carga, descarga, movimentação e estocagem, operação de portos e terminais terrestres) que envolve transportes multimodais: dutos, rodovias (caminhões-tanques) e cabotagem (navios).

O Projeto inicial da Logum foi resultado da integração dos projetos de logística de Etanol das empresas Uniduto, CentroSul e PMCC, e vem sendo adaptado e desenvolvido por fases afim de garantir aderência às demandas e tendências do mercado de combustíveis. (Logum, 2021).



Figura 2 - Sistema Logum em operação.
Fonte: Logum (2020).

2.3.3 A expansão planejada para o sistema Logum

A expansão do sistema Logum conta a instalação de 852 km de dutos e com a construção de três terminais, sendo eles os terminais de Itumbiara (GO), Quirinópolis (GO) e Jataí (GO). (Logum, 2021)



Figura 3 - Expansão do Sistema Logum.
Fonte: Logum (2020).

3. Materiais e métodos

3.1. Regionalização adotada

A fim de analisar a competitividade da expansão do sistema Logum nos estados de Mato Grosso e Goiás, foi analisado o diferencial de custos de transporte da solução dutoviária em relação à solução rodoviária com destino à base de distribuição de Paulínia (SP).

Para identificar as origens, considerou-se os municípios dos estados de Mato Grosso e Goiás que apresentaram, no ano de 2020, usinas produtoras de etanol e usinas mistas (aquelas capazes de produzir tanto açúcar quanto etanol a partir da cana de açúcar), de acordo com dados disponibilizados pelo Ministério da Agricultura (2021). A relação de municípios considerados está disposta na Tabela 1.

Tabela 1 - Usinas consideradas

Município (UF)
Anicuns (GO)
Barra do Bugres (MT)
Campo Novo do Parecis (MT)
Campos de Júlio (MT)
Carmo do Rio Verde (GO)
Edéia (GO)
Goianésia (GO)
Goiatuba (GO)
Inhumas (GO)

Ipameri (GO)
 Itapaci (GO)
 Itumbiara (GO)
 Jaciara (MT)
 Jandaia (GO)
 Jataí (GO)
 Lambari D'Oeste (MT)
 Lucas do Rio Verde (MT)
 Mineiros (GO)
 Mirassol D'Oeste (MT)
 Montes Claros de Goiás (GO)
 Morrinhos (GO)
 Nova Mutum (MT)
 Nova Olímpia (MT)
 Paraúna (GO)
 Perolândia (GO)
 Quirinópolis (GO)
 Rio Verde (GO)
 Rubiataba (GO)
 Santa Helena de Goiás (GO)
 Santo Antônio da Barra (GO)
 São José do Rio Claro (MT)
 Sinop (MT)
 Sorriso (MT)
 Turvelândia (GO)
 Uruaçu (GO)
 Vicentinópolis (GO)
 Vila Boa (GO)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na sequência, foram identificadas as rotas rodoviárias e as rotas multimodais (considerando o modal dutoviário) com destino a Paulínia, tomando como base as origens supracitadas. Para as rotas rodoviárias, foram considerados todos os pares do tipo “origem-destino”, e para as rotas multimodais, foram considerados todos os fluxos do tipo “origem-terminal dutoviário-destino”. As relações de pares e fluxos estão dispostas nas Tabela 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Rotas rodoviárias

Origem	Destino
Anicuns (GO)	Paulínia (SP)
Barra do Bugres (MT)	Paulínia (SP)
Campo Novo do Parecis (MT)	Paulínia (SP)
Campos de Júlio (MT)	Paulínia (SP)
Carmo do Rio Verde (GO)	Paulínia (SP)
Edéia (GO)	Paulínia (SP)
Goianésia (GO)	Paulínia (SP)

Goiatuba (GO)	Paulínia (SP)
Inhumas (GO)	Paulínia (SP)
Ipameri (GO)	Paulínia (SP)
Itapaci (GO)	Paulínia (SP)
Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Jaciara (MT)	Paulínia (SP)
Jandaia (GO)	Paulínia (SP)
Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Lambari D'Oeste (MT)	Paulínia (SP)
Lucas do Rio Verde (MT)	Paulínia (SP)
Mineiros (GO)	Paulínia (SP)
Mirassol D'Oeste (MT)	Paulínia (SP)
Montes Claros de Goiás (GO)	Paulínia (SP)
Morrinhos (GO)	Paulínia (SP)
Nova Mutum (MT)	Paulínia (SP)
Nova Olímpia (MT)	Paulínia (SP)
Paraúna (GO)	Paulínia (SP)
Perolândia (GO)	Paulínia (SP)
Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Rio Verde (GO)	Paulínia (SP)
Rubiataba (GO)	Paulínia (SP)
Santa Helena de Goiás (GO)	Paulínia (SP)
Santo Antônio da Barra (GO)	Paulínia (SP)
São José do Rio Claro (MT)	Paulínia (SP)
Sinop (MT)	Paulínia (SP)
Sorriso (MT)	Paulínia (SP)
Turvelândia (GO)	Paulínia (SP)
Uruaçu (GO)	Paulínia (SP)
Vicentinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Vila Boa (GO)	Paulínia (SP)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 3 - Fluxos multimodal

Origem	Terminal	Destino
Anicuns (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Anicuns (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Anicuns (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Barra do Bugres (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Barra do Bugres (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Barra do Bugres (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Campo Novo do Parecis (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Campo Novo do Parecis (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Campo Novo do Parecis (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Campos de Júlio (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Campos de Júlio (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)

Campos de Júlio (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Carmo do Rio Verde (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Carmo do Rio Verde (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Carmo do Rio Verde (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Edéia (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Edéia (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Edéia (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Goianésia (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Goianésia (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Goianésia (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Goiatuba (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Goiatuba (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Goiatuba (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Inhumas (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Inhumas (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Inhumas (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Ipameri (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Ipameri (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Ipameri (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Itapaci (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Itapaci (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Itapaci (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Itumbiara (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Itumbiara (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Itumbiara (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Jaciara (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Jaciara (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Jaciara (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Jandaia (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Jandaia (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Jandaia (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Jataí (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Jataí (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Jataí (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Lambari D'Oeste (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Lambari D'Oeste (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Lambari D'Oeste (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Lucas do Rio Verde (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Lucas do Rio Verde (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Lucas do Rio Verde (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Mineiros (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Mineiros (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Mineiros (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Mirassol D'Oeste (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Mirassol D'Oeste (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Mirassol D'Oeste (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)

Montes Claros de Goiás (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Montes Claros de Goiás (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Montes Claros de Goiás (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Morrinhos (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Morrinhos (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Morrinhos (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Nova Mutum (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Nova Mutum (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Nova Mutum (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Nova Olímpia (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Nova Olímpia (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Nova Olímpia (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Paraúna (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Paraúna (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Paraúna (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Perolândia (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Perolândia (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Perolândia (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Quirinópolis (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Quirinópolis (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Quirinópolis (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Rio Verde (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Rio Verde (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Rio Verde (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Rubiataba (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Rubiataba (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Rubiataba (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Santa Helena de Goiás (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Santa Helena de Goiás (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Santa Helena de Goiás (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Santo Antônio da Barra (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Santo Antônio da Barra (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Santo Antônio da Barra (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
São José do Rio Claro (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
São José do Rio Claro (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
São José do Rio Claro (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Sinop (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Sinop (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Sinop (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Sorriso (MT)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Sorriso (MT)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Sorriso (MT)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Turvelândia (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Turvelândia (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Turvelândia (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Uruaçu (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)

Uruaçu (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Uruaçu (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Vicentinópolis (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Vicentinópolis (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Vicentinópolis (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)
Vila Boa (GO)	Itumbiara (GO)	Paulínia (SP)
Vila Boa (GO)	Quirinópolis (GO)	Paulínia (SP)
Vila Boa (GO)	Jataí (GO)	Paulínia (SP)

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3.2. Levantamento dos dados

Para cada par “origem-destino”, foram levantados os custos de transporte rodoviários a partir de um modelo de regressão linear. De acordo com Lima, Pêra e Caixeta-Filho (2019), o preço do frete pode ser explicado, dentre vários fatores, pela distância percorrida pelo veículo, a partir de uma relação diretamente proporcional; ou seja, quanto maior a distância, maior o custo de transporte. Assim, o preço do frete pode ser expresso em função da distância percorrida de acordo com a seguinte equação:

$$Y = b * X + a + e$$

Em que:

Y: representa o preço do frete, em R\$/t.

X: representa a distância da rota, em km.

b: representa o coeficiente angular da reta.

a: representa o coeficiente linear da reta.

e: representa o erro da regressão linear.

As informações utilizadas para o cálculo da regressão considerou as rotas de etanol disponíveis na base do SIFRECA (2021) coletadas no período compreendido entre 01/01/2020 e 31/12/2020, totalizando 3082 informações. As distâncias rodoviárias foram obtidas através do GoogleMaps (2021). Os resultados da regressão são apresentados na Tabela 4. A partir dela, observa-se que tanto o coeficiente linear, quanto o coeficiente angular, se mostraram estatisticamente significativos, com o p-valor abaixo de 0,05. O valor do R-Quadrado foi de 0,9098.

Tabela 4 - Resultados da regressão linear

	Coefficiente	P-valor
Coefficiente linear	29,1644	1,8E-16
Coefficiente angular	0,1153	4,46E-44

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tomando como base os resultados da Tabela 4, o preço do frete de etanol no ano de 2020 pode ser representado pela seguinte equação:

$$Frete = 0,1153 * distância + 29,1644$$

3.3. Cenários analisados

Para analisar a competitividade do sistema Logum frente ao modal rodoviário direto, foram considerados diferentes custos de transporte para as rotas dutoviárias estudadas. A Tabela 5 apresenta os valores divididos por cenário. Para cada cenário, foi analisada a quantidade de municípios atendidos por cada terminal dutoviário e pela solução rodoviária.

Tabela 5 - Valores por cenário

Cenário	Preço do serviço dutoviário (R\$/m ³)
Cenário 1	90
Cenário 2	80
Cenário 3	70
Cenário 4	60
Cenário 5	50

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Análise e discussão dos resultados

No Cenário 1, tem-se o preço sugerido de frete para o sistema dutoviário à R\$90,00 por m³. Nesse patamar de preços, 3 municípios seriam favorecidos pelo sistema dutoviário via Jataí (GO), e 34 municípios seriam atendidos pelo modal rodoviário.

Pode-se dizer que essa faixa de preço não é competitiva suficiente para o frete da Logum, visto que o sistema rodoviário ganhou com expressiva margem ao atender uma quantidade muito maior de cidades.

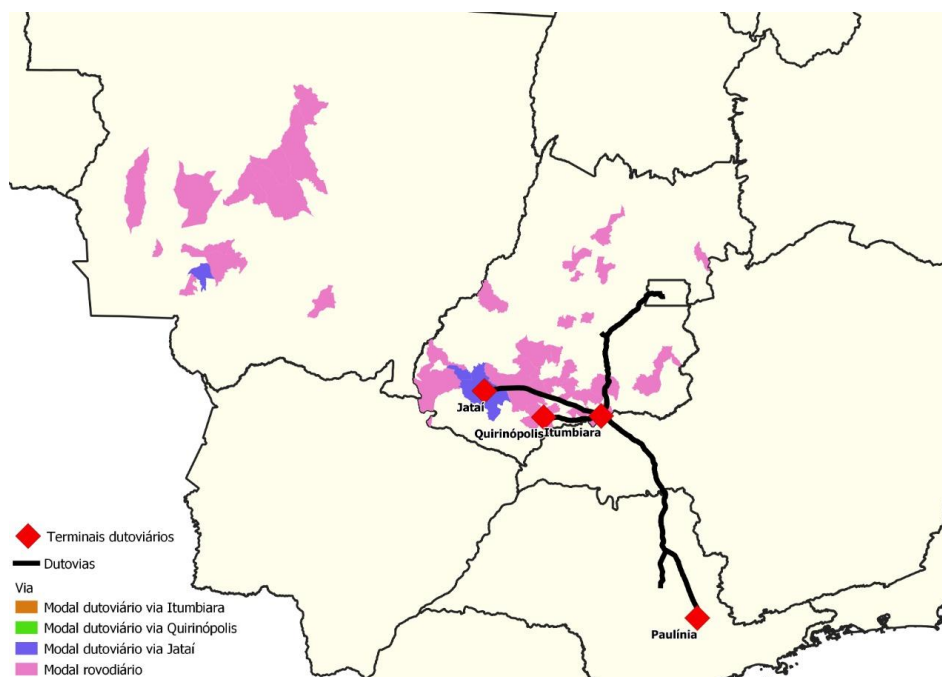


Figura 4 - Municípios atendidos por solução no Cenário 1.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 3 é possível observar o comportamento esperado da região analisado no Cenário 1. Na cor rosa estão destacados 34 municípios que iriam optar pelo uso do modal rodoviário e na cor azul estão destacados 3 municípios que iriam utilizar o sistema dutoviário, via o terminal de Jataí (GO).

No Cenário 2, o preço do serviço dutoviário está sugerido em R\$80,00 por m³. Nessa faixa se identifica um aumento na quantidade de municípios que seriam atendidos pelo sistema dutoviário em relação ao Cenário 1, com 15 municípios atendidos pelo terminal de Jataí (GO).

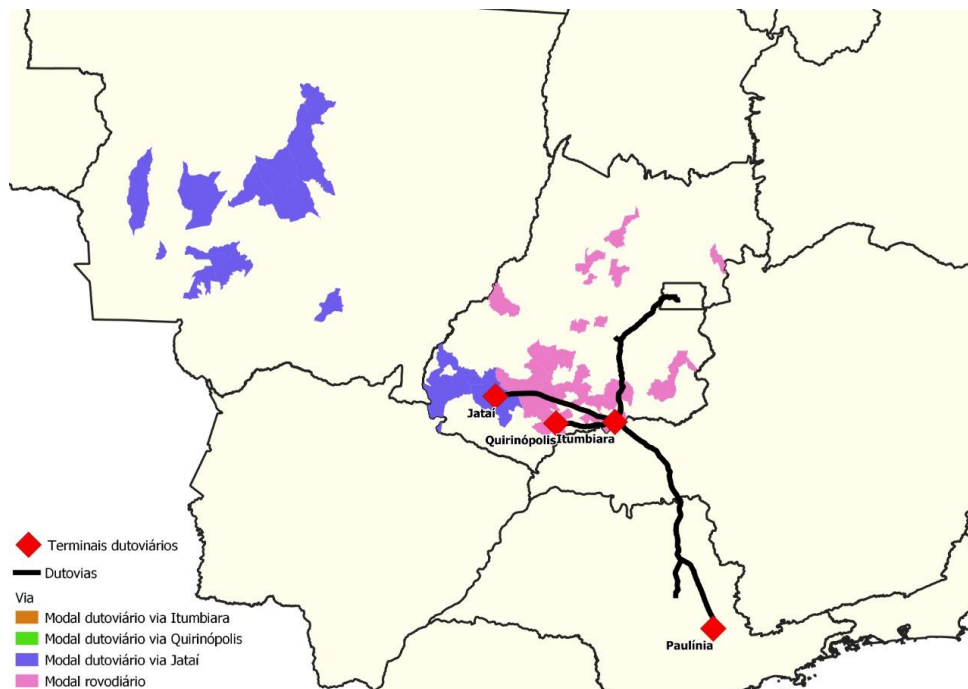


Figura 5 - Municípios atendidos por solução no Cenário 2.
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 4 é possível observar o comportamento esperado na região analisada no Cenário 2. Na cor rosa estão destacados 22 municípios que iriam optar pelo uso do modal rodoviário e na cor azul estão destacados 15 municípios que iriam optar pelo modal dutoviário, via o terminal de Jataí (GO).

No cenário 3, o preço sugerido para o serviço dutoviário foi de R\$70,00 por m³. Nesse nível de preço, o modal dutoviário se mostrou mais competitivo frente ao modal rodoviário para 1 município via o terminal de Quirinópolis (GO) e para 17 municípios via terminal de Jataí (GO).

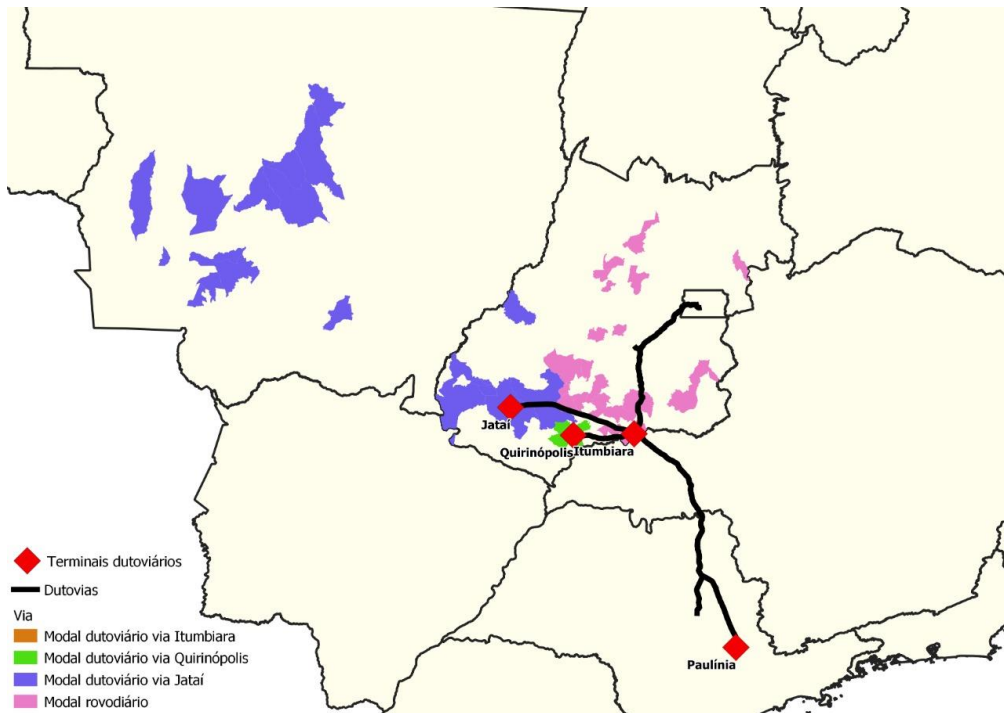


Figura 6 - Municípios atendidos por solução no Cenário 3.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 5 é possível observar o comportamento esperado na região de análise no Cenário 3. Na cor rosa estão destacados os 19 municípios que iriam optar pelo uso do modal rodoviário; na cor azul estão destacados os 17 municípios que iriam optar pelo uso do modal dutoviário via Jataí (GO), e na cor verde está destacado 1 município que iria optar pelo uso do modal dutoviário via Quirinópolis (GO).

No Cenário 4, foi utilizado como referência o valor de R\$60,00 por m³ para o serviço dutoviário. Ele é o primeiro cenário em que há captação por todas as vias sugeridas: Itumbiara (GO), Quirinópolis (GO) e Jataí (GO), as quais atenderam, respectivamente, 1, 4 e 18 municípios.

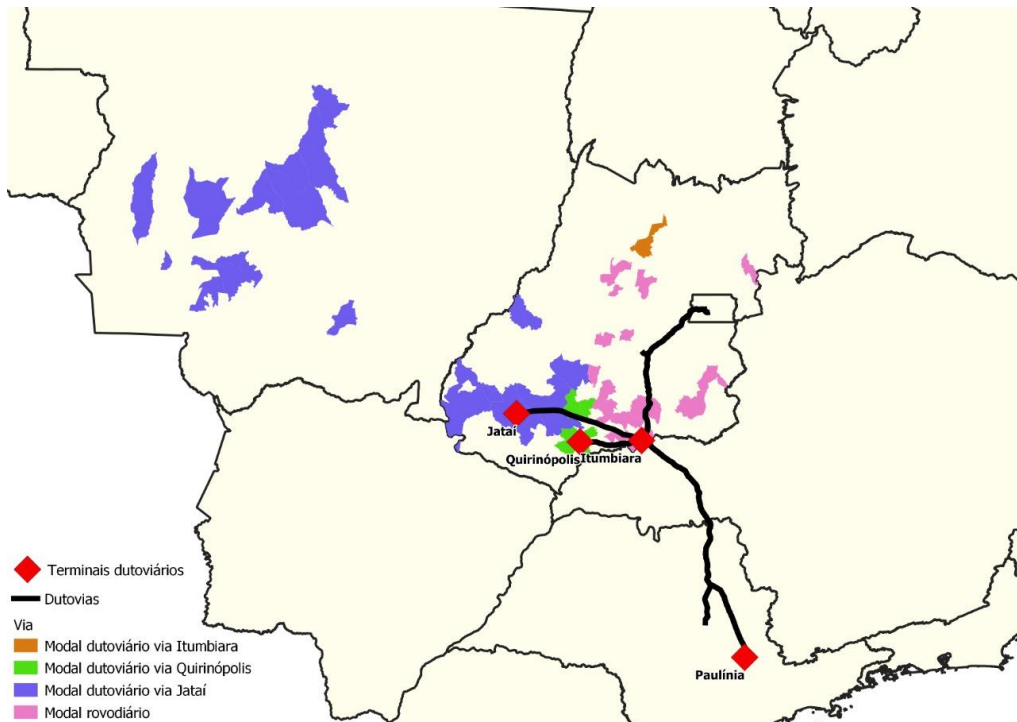


Figura 7 - Municípios atendidos por solução no Cenário 4.
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 6 é possível observar o comportamento esperado na região analisada no Cenário 4. Na cor rosa estão destacados 14 municípios que optaram pelo uso do modal rodoviário; na cor azul estão destacados 18 municípios que optaram pelo uso do modal dutoviário via Jataí (GO); na cor verde estão destacados 4 municípios que optaram pelo uso do modal dutoviário via Quirinópolis (GO); e na cor laranja está destacado 1 município que iria optar pelo modal dutoviário via Itumbiara (GO).

O último cenário sugerido é o de número 5, com o preço sugerido para o serviço dutoviário de R\$50,00 por m³. Nele, foram captados 11 municípios via Itumbiara (GO), 6 municípios via Quirinópolis (GO) e 18 municípios via Jataí (GO).

Essa faixa de preço mais baixa se reflete na captação por modal, a qual a solução multimodal desponta como mais competitiva quando comparada a rodoviária, já que a primeira consegue atender a 35 municípios, enquanto o transporte por rodovias apenas 2 municípios.

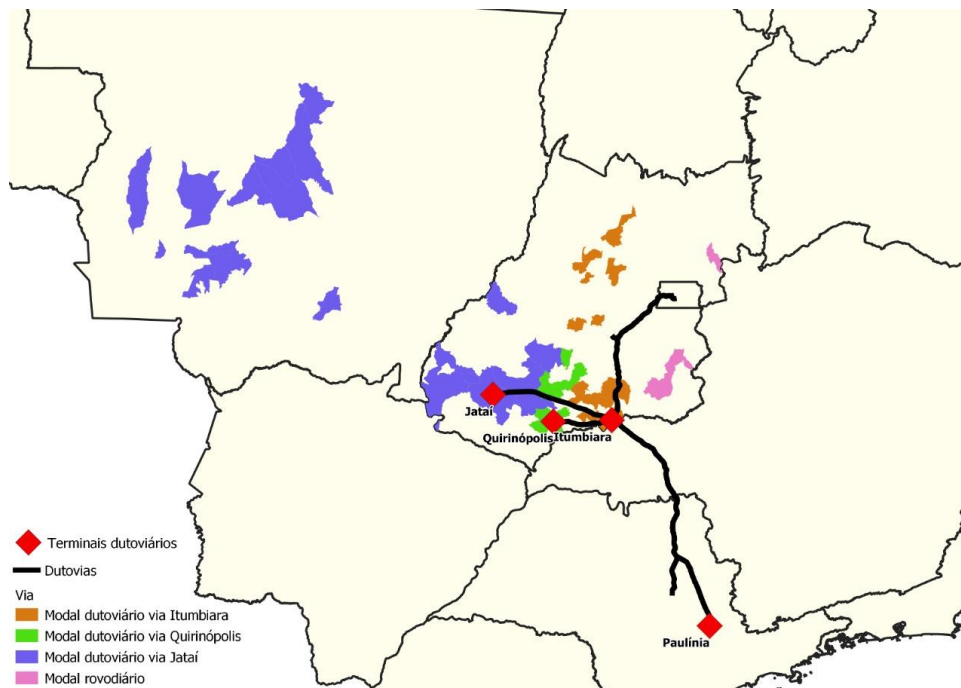


Figura 8 - Municípios atendidos por solução no Cenário 5.
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 7 é possível observar o comportamento esperado na região analisada no Cenário 5. Na cor rosa estão destacados 2 municípios que optaram pelo uso do modal rodoviário; na cor azul estão destacados 18 municípios que optaram pelo uso do modal dutoviário, via Jataí (GO); na cor verde estão destacados 6 municípios que optaram pelo uso do modal dutoviário via Quirinópolis (GO), e na cor laranja estão destacados 11 municípios que utilizaram o modal dutoviário via Itumbiara (GO). O Cenário 5 mostra que 96% das usinas da região iriam aderir ao uso do sistema Logum.

A Tabela 6 apresenta os 5 cenários propostos e a aderência das usinas por cada terminal dutoviário (Terminal de Itumbiara; Terminal de Quirinópolis e Terminal de Jataí) ou pela permanência do modal rodoviário. Sendo possível então, a adoção de diferentes valores por (m³) a depender do terminal, a fim de otimizar o lucro.

A Tabela 7 identifica a captação pelos modais rodoviário e multimodal em cada Cenário sugerido. O número total de usinas analisadas é de 37 usinas, a tabela 7 permite demonstra que no cenário 1- 8% das usinas optariam pelo modal dutoviário; no cenário 2 - 41% das usinas optariam pelo modal dutoviário; no cenário 3 – 49% das usinas optariam pelo modal dutoviário; no cenário 4 – 62% das usinas optariam pelo modal dutoviário e no cenário 5 – 95% das usinas optariam pelo modal dutoviário.

Tabela 6 - Quantidade de municípios atendidos por solução

Cenário	Itumbiara	Quirinópolis	Jataí	Rodoviário
Cenário 1	0	0	3	34
Cenário 2	0	0	15	22
Cenário 3	0	1	17	19
Cenário 4	1	4	18	14
Cenário 5	11	6	18	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 7 - Captação por modal

Modal	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Rodoviário	34	22	19	14	2
Multimodal	3	15	18	23	35

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

5. Considerações finais

Após analisar os resultados obtidos no presente estudo e, com base nas informações nele apresentadas, chegou-se à conclusão de que, a fim de se obter um custo-benefício mais competitivo, torna-se válida a sugestão de um reajuste negativo nos valores que referem-se às distâncias entre as instalações estudadas e o terminal de Paulínia (SP). Posto isto, sugere-se que os valores do transporte dutoviário, com origem nas instalações de Jataí (GO), Quirinópolis (GO) e Itumbiara (GO), até o destino final, sejam de R\$90,00/m³, R\$70,00/m³ e R\$60,00/m³, respectivamente. Tais valores tornariam o modal dutoviário mais atrativo, em termos quantitativos, que o modal rodoviário.

Com relação ao transporte dutoviário, é possível destacar inúmeros benefícios que este modal pode gerar para a cadeia do etanol como um todo. Dentre estes benefícios, é válido mencionar a significativa redução de CO₂ no meio ambiente, que seria viável graças a menor circulação de caminhões nas rodovias e, também, pela redução do consumo de diesel, o qual é essencialmente utilizado no transporte rodoviário, e que contribui diretamente para a poluição do meio ambiente. Além disso, com as instalações da Logum fixadas em locais estratégicos, com proximidade nas usinas, há a possibilidade, ainda, de que a logística do etanol deixe de ser tão dependente do modal rodoviário, fato o qual contribuiria, também, com a questão ambiental.

Ainda, dentre as facilidades que o modal via dutos proporcionaria para a logística do etanol, pode-se citar a possibilidade de maior captação da produção originada nas usinas da região Centro-Oeste, principalmente com a produção do etanol de milho, que vêm ganhando grande espaço no setor, visto que o milho trata-se de uma commodity com escoamento o ano todo, ao contrário do que acontece com a cana-de-açúcar, no período de entressafra.

Além do mais, vale salientar, ainda, como benefício do modal dutoviário, a questão central deste estudo: o aumento da competitividade logística. Com o sistema Logum mais acessível, torna-se possível a intermodalidade entre os modais de transporte, fato o qual possibilitaria, além dos pontos positivos anteriormente citados, uma redução de custos no processo logístico, como um todo, juntamente com uma significativa redução no tempo de transporte.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (BRASIL). Disponível em: <<https://dados.gov.br/organization/88609f8c-a0ee-46eb-9294-f2175a6b561e?tags=etanol>>. Acesso em: Jan 2021.

ALMEIDA, M. S.; AMARAL, M. do; MORABITO, R. Um Estudo sobre Localização de Terminais Intermodais na Rede de escoamento da Soja Brasileira. São Paulo, v. 26, n. 3, p. 562-580, Set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132016000300562&lang=en#B011> Acesso em: nov. 2020.

BALLOU, R.H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. São Paulo: Atlas, 2004.

BARCELOS, G. Investimento da Logum em etanolduto deve dobrar captação em terminal de Uberaba (MG). Nova Cana, 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/abastecimento/investimento-da-logum-em-etanolduto-deve-dobrar-captacao-em-terminal-de-uberaba-mg> Acesso em: Jan de 2021.

BARCELOS, G. Logum retoma análise para investir R\$ 1 bilhão na ampliação de alcoolduto. Nova Cana, 2020. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/logum-retoma-analise-investir-r-1-bilhao-ampliacao-alcoolduto-211020> Acesso em: Jan. 2021

BRANCO, J. E. H. et al. Avaliação dos custos e emissões de co2 no transporte de etanol: aplicação de um modelo de otimização. In: 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Balneário Camboriú/SC, 2019. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Modelos%20e%20T%C3%A9cnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20no%20Planejamento%20de%20Transportes/2_307_AC.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

BOSSLE, R. Projeto de etanolduto da Logum Logística está disponível para comentários. Nova Cana, 2020. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/logistica/projeto-etanolduto-logum-logistica-disponivel-comentarios-090620> Acesso em: Jan. 2021.

CHANG, T. (2008). Best Routes Selection in International Intermodal Networks. *Computers & Operations Research*, 35(9), 2877-2891

COLETI, J. de C.; OLIVEIRA, A. L. R. A Intermodalidade no Transporte de Etanol Brasileiro: Aplicação de um Modelo de Equilíbrio Parcial. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, Brasília, v. 57, n. 1, p. 127-144, Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/resr/v57n1/1806-9479-resr-57-01-127.pdf>>. Acesso em: nov. 2020.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estud. av.*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

LÍCIO, A. Os eixos estruturadores e dos corredores de transportes. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 9, n. 4, p. 3-4, 1995.

LOGUM. Disponível em: <http://www.pmccsa.com.br/php/quem-somos.php> Acesso em: Jan. de 2021.

MALIGO, C. Modelo para Simulação da Operação de Carregamento de Caminhões Tanque em uma Base de Distribuição de Combustíveis Automotivos. 2005. 170 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MILANEZ, Artur Yabe et al. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 41, p. 147-207, jun. 2014

MILANEZ, A. Y.; et al. Logística Para o Etanol: Situação Atual e Desafios Futuros. Biblioteca Digital (Sucroenergético). BNDES Setorial 31, p. 49-98, 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2407/3/BS%2031%20Log%c3%adstica%20para%20o%20etanol_P.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

MITSUTANI, C. A Logística do Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil: Condicionantes e Perspectivas. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-27042010-153347/publico/MestradoClaudioMitsutani.pdf>>. Acesso em: nov. 2020.

NASTARI, Plinio M.. Etanol de milho tem futuro no Brasil. Revista Agroanalysis, Vol. 10 – págs 175-176.

Painel Dinâmico – Produtores de Etanol. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZWU1MTc0ZjYtMjVhYi00YTEwLWJhODMtODQ0MDdhNmJiMwYwIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTUyYtNGI0Mi1iN2VmLTYyNGFmY2FkYzkyMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>>. Acesso em: nov. 2020.

REJOWSKI, R. J., Otimização da Programação de Operações Dutoviárias: Formulações Eficientes e Considerações Hidráulicas. Tese (Doutorado de Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Revista do Desenvolvimento Regional, ISSN-e 1982-6745, Vol. 19, Nº. 2, 2014 (Ejemplar dedicado a: Maio/ago. 2014), págs. 182-201

SCHALCH, E. J. Os Gargalos Logísticos das Principais Rotas de escoamento de Grãos de Soja do Estado do Mato Grosso: Um Estudo de Caso do Complexo Portuário Miritituba-Barrcarena no Pará. 2016. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016. Disponível em:

<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74134/tde-15032017-153136/publico/ME4462160COR.pdf>> Acesso em: nov. 2020.

SHIKIDA, P. Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. Revista de Política Agrícola, 22, jul. 2013. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/312>>. Acesso em: 12 Nov. 2020.

SILVA, M. P. da; MARUJO, L. G. (2012) Análise de Modelo Intermodal para Escoamento da Produção da Soja no Centro Oeste Brasileiro. Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 3, pp. 90-106. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/jtl/v6n3/v6n3a06.pdf>>. Acesso em: nov. 2020.

SOARES, A.C. Diagnóstico e modelagem da rede de distribuição de derivados de petróleo no Brasil. 2003. 156 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

TEIXEIRA, M. Logum quer expandir duto de etanol para Centro-Oeste de olho em álcool de milho. Nova Cana, 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/logum-expandir-duto-etanol-centro-oeste-olho-alcool-milho-160118> Acesso em: Jan. 2021.

Transporte Rodoviário Internacional de Cargas. Transporte Dutoviário. Disponível em: <<http://appweb2.antt.gov.br/carga/dutoviario/dutoviario.asp>> Acesso em: nov. 2020.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR (BRASIL). Disponível em: <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/etanol/>

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Observatório da Cana. Disponível em: <<https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/etanol/>>. Acesso em: nov. 2020.

Xavier, C. E. O. (2008) Localização de Tanques de Armazenagem de Álcool Combustível no Brasil: Aplicação de um Modelo Matemático de Otimização. 177 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: nov. 2020.