



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ALTERNATIVA PARA ESCOAMENTO DE SOJA PARA  
EXPORTAÇÃO: UM ESTUDO DE PESQUISA OPERACIONAL  
PARA AVALIAR A VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE  
MALHA FERROVIÁRIA PARA UTILIZAÇÃO DE QUATRO  
PORTOS DO NORTE DO BRASIL PARA EXPORTAÇÃO DE SOJA**

Isis Braga Corrêa

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

JOÃO MONLEVADE

Janeiro, 2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



Isis Braga Corrêa

**ALTERNATIVA PARA ESCOAMENTO DE SOJA PARA  
EXPORTAÇÃO: UM ESTUDO DE PESQUISA OPERACIONAL  
PARA AVALIAR A VIABILIDADE DA CONSTRUÇÃO DE  
MALHA FERROVIÁRIA PARA UTILIZAÇÃO DE QUATRO  
PORTOS DO NORTE DO BRASIL PARA EXPORTAÇÃO DE SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Ouro Preto, campus de  
João Monlevade, para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia de Produção

Orientadora: Profa. Mônica do Amaral

João Monlevade  
2016



### ATA DE DEFESA

Aos 2 dias do mês de março de 2016, às 14 horas, na sala D204 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pela aluna **Isis Braga Corrêa**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores **Gabriela Braga Fonseca, Mônica do Amaral e Rita de Cássia Oliveira**. A aluna apresentou o trabalho intitulado "Alternativa para escoamento de soja para exportação: um estudo de Pesquisa Operacional para avaliar a viabilidade da construção de malha ferroviária para utilização de quatro portos do Norte do Brasil para exportação de soja". A comissão examinadora deliberou pela

Aprovação

Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: \_\_\_\_\_

Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: \_\_\_\_\_

Reprovação da aluna,

com **nota 8,6**.

Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

João Monlevade, 2 de março de 2016.

Mônica do Amaral - Professora Orientadora

Gabriela Braga Fonseca - Convidada

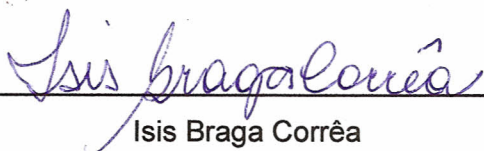
Rita de Cássia Oliveira - Convidado(a)

Isis Braga Corrêa - Aluna

## TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado "Alternativa para escoamento de soja para exportação: Um estudo de pesquisa operacional para avaliar a viabilidade da construção de malha ferroviária para utilização de quatro portos do Norte do Brasil para exportação de soja" é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 15 de janeiro de 2016

  
Isis Braga Corrêa

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>1.1. Objetivos</b> .....	7
<b>1.2. Justificativa</b> .....	7
<b>1.3. Estrutura do Trabalho</b> .....	8
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	8
<b>2.1. Modelos de Localização</b> .....	8
<b>2.1.1. P-medianas</b> .....	9
<b>2.1.2. P-centros</b> .....	10
<b>2.1.3. Localização de facilidades com capacidade limitada e fonte única</b> .....	11
<b>2.1.4. Custo fixo em fluxo de redes</b> .....	11
<b>2.2. Logística de soja no Brasil</b> .....	13
<b>2.2.1. Relevância da soja para o Brasil</b> .....	13
<b>2.2.2. Principais regiões produtoras</b> .....	14
<b>2.2.3. Escoamento de Soja no Brasil</b> .....	15
<b>2.2.4. Principais projetos de ferrovias</b> .....	20
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	21
<b>3.1. Classificação da pesquisa</b> .....	21
<b>3.2. Modelo de localização escolhido</b> .....	22
<b>3.3. Fases de desenvolvimento</b> .....	22
<b>4. RESULTADOS</b> .....	23
<b>4.1. Áreas produtoras de soja nas regiões Centro-Oeste e Norte</b> .....	23
<b>4.2. Rede de escoamento da soja</b> .....	26
<b>4.2.1. Rodoviário</b> .....	26
<b>4.2.2. Ferroviário</b> .....	28
<b>4.3. Alternativas para escoamento</b> .....	30
<b>4.3.1. Ferrovias em projeto</b> .....	30
<b>4.3.2. Portos atualmente subutilizados</b> .....	30
<b>4.3.3. Multimodal</b> .....	31
<b>4.3.4. Custos</b> .....	31
<b>4.4. Proposta de cenários</b> .....	32

4.4.1. <i>Cenário 1 – Sem considerar custos de implantação e fretes</i> .....	32
4.2.2. <i>Cenário 2 – Considerando custos e capacidade</i> .....	33
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	36
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
<b>ANEXOS</b> .....	41

## SUMÁRIO DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Distribuição da produção de grãos por cultura no Brasil.....	13
Figura 2: Avanço da produção de soja no Brasil.....	14
Figura 3: Estado geral das rodovias do Brasil .....	16
Figura 4: Aumento do custo operacional dos caminhões conforme o estado do pavimento - Brasil (%) .....	17
Figura 5: Malha ferroviária brasileira.....	19
Figura 6: Distância intermunicipal .....	27
Figura 7: Malha ferroviária do Brasil .....	28
Figura 8: Extensão das ferrovias pesquisada .....	29
Figura 9: Representação da Solução Ótima, cenário 1 .....	32
Figura 10: Representação da Solução Ótima, cenário 2.....	34
Tabela 1: Principais produtoras de soja nas microrregiões estudadas.....	24

## RESUMO

O presente trabalho utiliza uma pesquisa empírica normativa para construção de um modelo de localização em arcos com custos fixos que analisa a viabilidade da construção de trechos ferroviários e terminais de transbordo para escoamento da soja produzida em cinco estrados do Brasil, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rondônia, para exportação por quatro portos do Norte do Brasil. O trabalho foi motivado pelo estado de congestionamento do porto de Santos, além da migração da produção de soja para a região Centro-Oeste e Norte do Brasil. Foram construídos dois cenários que, em conjunto, indicaram a preferência pela utilização do modal ferroviário quando esse se encontra disponível, mas por não considerar investimentos a longo prazo, indicaram como não sendo viável a construção dos trechos de ferrovia indicados em projetos do Programa de aceleração do crescimento (PAC, proposto pelo governo federal). Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a utilização do fator *payback* para nova consideração.

**Palavras chave:** Localização em arcos, transporte intermodal, logística da soja no Brasil.



## ABSTRACT

This paper uses empirical normative research to develop a facility location model with arches and fixed costs that examines the feasibility of building railroad tracks and transshipment terminals for transportation of soybeans produced in five states of Brazil, *Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul* and *Rondônia* for exportation through four ports of northern Brazil. The research was motivated by the congestion state of the port of Santos, in addition to the migration of the soybean production to the Midwest and North regions of Brazil. The two scenarios developed together indicate a preference for railway when it is available, but because of the exclusion of the long-term factor from the location models, the railway construction indicated in PAC projects was found to be not feasible. As a suggestion for future work, we indicate the use of payback factor for new consideration.

**Keywords:** Facility location model, intermodal transportation, soybeans logistics in Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta como tema a busca de uma alternativa para o escoamento de soja para exportação, tendo sido realizado um estudo de Pesquisa Operacional para avaliar a viabilidade da construção de malha ferroviária para utilização de quatro portos do Norte do Brasil: os portos de Itacoatira - Amazonas, Santarém - Pará, Barcarena - Pará e São Luís - Maranhão, para exportação de soja.

Diante de um cenário de congestionamentos constantes no porto de Santos e a possibilidade de saturação total do mesmo, além da migração da produção de soja para o Centro-Oeste e o Norte do Brasil, que antes tinha foco na Região Sul e no estado de São Paulo, a motivação para o trabalho veio para buscar alternativas para o escoamento de soja para exportação no Brasil.

Sabe-se da importância do agronegócio para a economia nacional, bem como para o desempenho brasileiro no cenário econômico mundial. A soja é o produto que representa maioria da produção graneleira do Brasil, com pouco menos de 50% da produção total do país. O Brasil é o maior produtor de soja mundial e está entre os três principais países exportadores de soja do mundo, ao lado dos USA e da Argentina. Sendo assim, a soja representa papel importante na economia brasileira.

Atualmente, o meio de transporte mais utilizado no Brasil é o rodoviário. Acredita-se que isso se dá, entre outros fatores, devido à flexibilidade geral do modal e seus baixos custos para implementação. Apesar disso, devido à dimensão do país e a maioria da carga sendo de baixo valor agregado, o modal ferroviário é tido como mais apropriado, visto que, seus altos custos de implantação são diluídos quando utilizado em massa e para percorrer longas distâncias, em conjunto com a atual condição precária de grande parte das rodovias do país.

Considerando os pontos supracitados, o trabalho busca analisar a viabilidade de construção de ferrovias para ligação de pontos produtores de soja em grãos aos portos do Norte do Brasil. Devido à inviabilidade de desenhar novas rotas ferroviárias, esse trabalho foi baseado em projetos de construção de ferrovias sugeridos pelo PAC.

Metodologicamente, o presente trabalho foi classificado como pesquisa empírica normativa, por representar a proposição de estratégias e ações para melhoria de um problema existente. O modelo utilizado foi o de localização em arcos com custos fixos,

com capacidade limitada, o que possibilitou utilizar valores de fretes e de construção reais.

### **1.1. Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo pesquisar a viabilidade de construção de malha ferroviária que ligue os principais municípios produtores de soja em 5 estados brasileiros até os portos no Norte do país. A intenção do trabalho é de criar uma alternativa de escoamento para exportação que não dependa do porto de Santos, visto que esse está praticamente saturado. Especificamente, o trabalho objetiva:

- Estudar modelos de localização que permitam avaliar a viabilidade da construção de ferrovias ligando as regiões produtoras do Centro-Oeste para os portos do Norte, conforme previsto no PAC;
- Buscar e analisar dados sobre essa rede logística para escoamento da soja em grão brasileira destinada à exportação;
- Realizar um estudo de cenários relativos à viabilidade dessas obras do PAC servirem como um incentivo aos produtores para escoamento da soja produzida no Centro Oeste pelos portos do Norte, utilizando preferencialmente rotas intermodais.

### **1.2. Justificativa**

O trabalho foi motivado pelo fato de, apesar de haver projetos previstos no PAC para construção de ferrovias ao longo do Brasil, não foram realizados estudos sobre a viabilidade dos mesmos. Além disso, o modal rodoviário, que é mais utilizado atualmente para transporte de cargas, apresenta custos maiores do que o modal ferroviário, o que resulta em custos logísticos muito altos e dificulta a concorrência da soja brasileira no mercado internacional.

### **1.3. Estrutura do Trabalho**

Para início da pesquisa, foi feita uma revisão da literatura, onde conceitos importantes para a Pesquisa Operacional foram pesquisados, bem como estudos já realizados permeando o assunto para vias de comparação. Na revisão de literatura, também foi estudada a situação atual da soja no Brasil, em termos de importância para o mercado nacional, principais regiões produtoras, como é feito o escoamento de soja para exportação atualmente e projetos que visam modificar esse cenário, conforme descrito no Capítulo 2.

Diante das informações coletadas, o Capítulo 3 trata da metodologia de pesquisa. Escolheu-se utilizar da pesquisa empírica normativa para criar um modelo de localização em arcos e verificar efetivamente a viabilidade da construção das ferrovias previstas no PAC.

No Capítulo 4, são discutidos os dados coletados, referentes ao volume de produção anual em 5 estados do Brasil (Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Rondônia) por município, as distâncias intermunicipais desde a cidade produtora até a dos portos considerados, custos de fretes, transbordo, entre outros. Com esses dados, dois cenários foram discutidos e testados. A conclusão do trabalho, bem como perspectivas futuras, foi discutida no Capítulo 5.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. Modelos de Localização**

A Pesquisa Operacional é usada amplamente para auxiliar na determinação ideal da localização das facilidades de uma organização. Cortes & Júnior (2001) destacam a importância de determinar a melhor localização possível para as filiais de uma empresa para essa se manter competitiva no mercado. Isso se dá devido à correlação entre o planejamento estratégico organizacional e a sua abordagem de atendimento da sua demanda.

Modelos de localização em geral são utilizados, no setor privado, para tratar decisões de onde se implantar fábricas, de modo a atender o maior número possível de clientes, otimizando um critério específico. Mais comumente, esses modelos buscam suprir toda a demanda local (relacionada à abrangência do mercado atendido) de forma a maximizar a utilização das facilidades e minimizar os custos logísticos do processo. Esses custos envolvem tanto o transporte, como o armazenamento de produtos e subprodutos do processo.

Na literatura relativa ao escoamento da soja para exportação, quatro modelos de localização têm sido mais fortemente considerados em estudos de localização de terminais ferroviários e armazéns de soja em grãos.

Para os modelos, serão considerados os parâmetros a seguir:

$J$  = conjunto de nós  $j$  que representam os clientes,  $j = 1, \dots, n$

$I$  = conjunto de locais  $i$  candidatos à localização de facilidades,  $i = 1, \dots, m$

$q_j$  = demanda do cliente  $j$

$d_{ij}$  = distância do cliente  $j$  à facilidade localizada em  $i$

$c_{ij}$  = custo de atender a demanda  $q_j$  a partir de uma facilidade localizada em  $j$

$f_i$  = custo fixo de instalação de uma facilidade no local  $i$

$Q_i$  = capacidade da facilidade instalada em  $i$

Todos os modelos a seguir utilizam de uma variável binária comum:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se a facilidade é aberta no local } i \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

### **2.1.1. P-medianas**

O problema de  $p$ -medianas envolve a localização de  $p$  facilidades (medianas) e a alocação de clientes a essas facilidades, de modo a minimizar a soma total das distâncias de cada nó de demanda à sua mediana mais próxima (LORENA, SENNE, PAIVA, & MARCONDES, 2001).

O problema de localização de  $p$ -medianas pode ser formulado da seguinte maneira:

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p \quad (4)$$

$$x \in B^{|I||J|}, y \in B^{|I|} \quad (5)$$

A função objetivo (1) minimiza o custo total de alocação de clientes a facilidades. As restrições certificam que cada cliente  $j$  será atendido por uma única facilidade aberta (2) no local  $i$  (3). Exatamente  $p$  facilidades serão abertas (4). Em (5), são descritos os domínios das variáveis.

### 2.1.2. *P-centros*

Os problemas de  $p$ -centros buscam minimizar a distância máxima entre os clientes e as facilidades às quais foram designados.

Para a formulação do problema de  $p$ -centros, é necessário considerar uma variável adicional às utilizadas no problema de  $p$ -medianas:

$r$  = distância máxima de um cliente quando designado a uma facilidade

$$\min r \quad (6)$$

$$r \geq \sum_{i \in I} d_{ij} x_{ij}, \quad \forall j \in J \quad (7)$$

$$(2) - (5)$$

A função objetivo, agora representada por (6), busca minimizar a distância máxima entre qualquer cliente e a facilidade escolhida para atendimento do mesmo, e a restrição (7) expressa  $r$  como um limitante superior da distância de cada cliente  $j$  a uma facilidade (ARENALES, ARMENTANO, MORABITO, & YANASSE, 2007).

### 2.1.3. Localização de facilidades com capacidade limitada e fonte única

Esse modelo de localização difere dos anteriores, pois além de buscar minimizar a distância entre as facilidades e os clientes, visa reduzir os custos fixos de instalação e os custos variáveis do atendimento à demanda ao máximo. Além disso, considera que as facilidades têm capacidade limitada de atendimento à demanda e que um cliente pode ser atendido apenas por uma facilidade.

Para a formulação desse problema, deve-se considerar a seguinte variável:

$x_{ij}$  = fração da demanda  $q_j$  atendida pela facilidade localizada em  $i$ ,  $\forall i \in I, \forall j \in J$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o cliente } j \text{ é designado à facilidade localizada em } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$

O problema de localização é representado pelo seguinte modelo:

$$\min \sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} q_j x_{ij} \leq Q_i y_i, \quad \forall i \in I \quad (10)$$

$$y \in B^{|I|}, y \in B^{|J|} \quad (11)$$

A função objetivo (8) inclui a minimização dos custos fixos e variáveis, conforme abordado anteriormente. A restrição (9) certifica que cada cliente é designado a apenas uma facilidade. A restrição (10) garante que o limite de capacidade da facilidade será obedecido, enquanto os domínios das variáveis estão descritos em (11) (ARENALES, ARMENTANO, MORABITO, & YANASSE, 2007).

### 2.1.4. Custo fixo em fluxo de redes

Esse modelo de localização não se refere ao custo de abertura de nós, conforme os problemas anteriores, mas à decisão de localizar ou abrir arcos.

“Considere um grafo orientado  $G = (N, E)$  com capacidade  $u_{ij}$  e custo unitário de fluxo  $c_{ij}$  para todo arco  $(i, j) \in E$ . A cada nó  $i$  é associada uma demanda  $q_i$ , que corresponde a uma fonte, um sorvedouro ou um ponto de passagem, se  $q_i$  for positivo, negativo ou zero, respectivamente. Se existe um fluxo positivo no arco  $(i, j)$ , incorre-se em um custo fixo  $f_{ij}$  associado à abertura desse arco” (ARENALES, ARMENTANO, MORABITO, & YANASSE, 2007).

Esse problema visa minimizar o custo total determinando quais arcos serão abertos e quais não. Para a formulação do mesmo, vamos considerar as seguintes variáveis:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco } (i, j) \text{ é aberto} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \text{fluxo no arco } (i, j)$$

O modelo será o seguinte:

$$\min \sum_{(i,j) \in E} f_{ij}y_{ij} + c_{ij}x_{ij} \quad (12)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ji} - \sum_{j \in N} x_{ij} = q_i, \quad \forall i \in N \quad (13)$$

$$x_{ij} \leq u_{ij}y_{ij}, \quad \forall (i, j) \in E \quad (14)$$

$$x \in R_+^{|E|}, \quad y \in B^{|E|} \quad (15)$$

A função objetivo, (12), visa minimizar os custos fixos e variáveis, a restrição (13) corresponde a conservação do fluxo em cada nó  $i$  e a restrição (14) assegura que só haverá fluxo no arco  $(i, j)$  se o mesmo for aberto. Finalmente, a restrição (15) corresponde ao domínio das variáveis.

Esse foi o modelo escolhido para o problema, por se tratar da decisão de abrir ou não arcos e custo associado a essa decisão.



## 2.2. Logística de soja no Brasil

### 2.2.1. Relevância da soja para o Brasil

É amplamente divulgada a importância do setor de agronegócio para a economia do Brasil, bem como para o desempenho do país no mercado mundial.

“O Agronegócio é um setor estratégico para a economia brasileira e, especialmente em 2015, pode ser o grande condicionante do seu desempenho. Representando 23% do PIB brasileiro, ele pode ser o único setor com crescimento mais expressivo diante da indústria claudicante e dos serviços em processo de exaustão” (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), 2014).

É possível perceber a relevância da soja para o setor agropecuário brasileiro, tendo em vista que esse produto representa mais de 47% da produção total de grãos do país (Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), 2015), conforme apontado na figura 1.

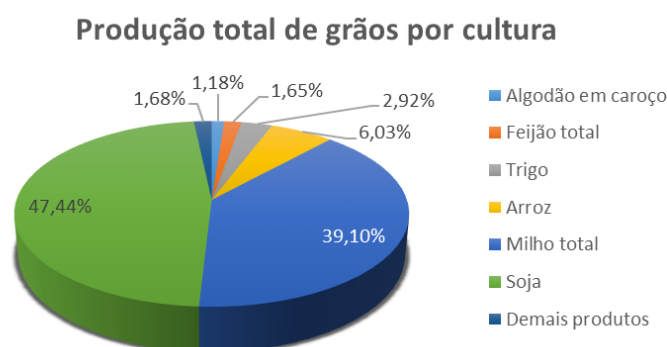


Figura 1: Distribuição da produção de grãos por cultura no Brasil  
Fonte: CONAB, 2015

Atualmente o Brasil se destaca como o maior produtor de soja em grãos do mundo, de acordo com o relatório do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) divulgado em fevereiro de 2014, com produção recorde no ano de 86,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 6% em relação à produção em 2013 (Globo Comunicação e Participações S.A., 2014).

### 2.2.2. Principais regiões produtoras

O aumento da produção nacional de soja em grãos em 2014 reflete a tendência observada nas regiões Norte (que apresentou aumento de 21,9%), Nordeste (com aumento de 39,5%) e Centro-Oeste do país (com aumento de 9,1%), mas contrasta com a situação apresentada nas regiões Sudeste e Sul, com declínio da produção de soja de, respectivamente, 7,4% e 2,6%. Tais dados demonstram a tendência gradual de migração da produção de soja para as regiões mais ao norte do país (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2014).

Os gráficos a seguir, mostrados na figura 2, retirados do site IBGE, confirmam a tendência supracitada.

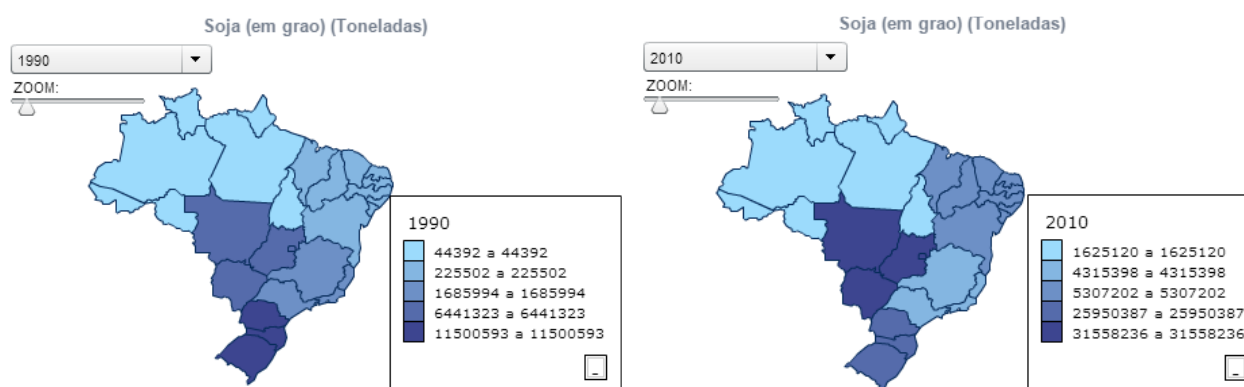


Figura 2: Avanço da produção de soja no Brasil  
Fonte: IBGE, 2015

O avanço da produção de soja para o Centro-Oeste do Brasil se dá por diversos fatores. Dentre eles, a saturação do estado de São Paulo em contraposição à demanda crescente dos subprodutos da soja, o incentivo das prefeituras da região com o objetivo de estimular a economia local através da geração de novos empregos e do aumento da arrecadação de impostos, e investimentos em transporte e armazenamento local.

O Centro-Oeste brasileiro é atualmente a principal região produtora de soja do país, com safra superior a 41 milhões de toneladas em 2014, o que representa mais de 48% da produção total brasileira. Com produção de aproximadamente 30 milhões de toneladas, a região Sul, apesar do declínio em relação ao ano de 2013, ainda é a segunda principal região produtora e apresenta 34% da produção total nacional. As outras três regiões

(Nordeste, Sul e Norte), cada uma com produção inferior a 10 milhões de toneladas, em conjunto representam menos de 20% da produção total brasileira de soja em grãos.

### ***2.2.3. Escoamento de Soja no Brasil***

#### **2.2.3.1. Modal Rodoviário**

O meio de transporte mais utilizado no Brasil é o rodoviário, tanto para deslocamento de passageiros, detendo 90% do total nacional, quanto para o transporte de cargas, em que lidera com 60% do total do país (Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2014). Acredita-se que isso acontece devido à facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, bem como à flexibilidade geral do modal e seus baixos custos para implementação.

Sabe-se que o Brasil é um país de grandes dimensões e por isso, ao contrário do recomendado, o modal rodoviário acaba sendo utilizado para percorrer extensas distâncias e para o transporte de cargas de baixo valor agregado (COELI, 2004). Para as condições descritas anteriormente, a ferrovia se dá como uma melhor alternativa, já que tem seus altos custos fixos compensados quando utilizado para grandes distâncias e em massa. Apesar disso, o transporte rodoviário continua em expansão no país, o que pode ser comprovado pelo aumento de 1,11% em relação a 2013 da malha ferroviária federal pavimentada no país (Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2014).

A condição das rodovias federais também pode ser considerada um fator que vai contra a utilização em massa do modal rodoviário para o transporte cargueiro do país. O gráfico a seguir, mostrado na figura 3, adaptado do relatório da pesquisa CNT de rodovias (Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2014) mostra a precariedade do estado geral das rodovias federais nacionais. Apenas 7% das rodovias federais tem seu estado de conservação geral considerado como ótimo e aproximadamente 60% das mesmas apresentam estado de conservação geral de regular a péssimo.

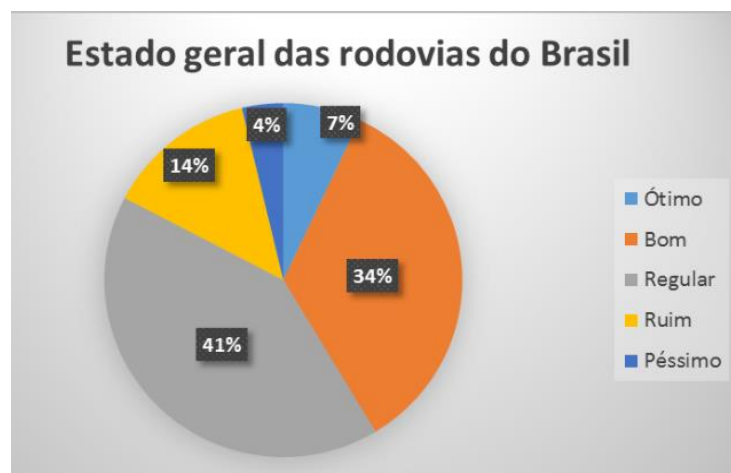


Figura 3: Estado geral das rodovias do Brasil  
 Fonte: CNT, 2014

No ano de 2014, a região Norte do país contava com 8.235 km de rodovias federais e 11.205 km de rodovias estaduais. No total, são 20.555 km de extensão pavimentada na região (Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2014). As rodovias da região norte do país seguem a tendência nacional, com estado geral de conservação bem precário. As rodovias com estado geral considerado ótimo ou bom somam apenas 17,7% do total regional. Isso indica que mais de 80% das rodovias pavimentadas da região apresentam situação precária.

A região Centro-Oeste do país também segue a tendência nacional. Atualmente conta com 27.581 km de extensão pavimentada, sendo 11.433 km de rodovias federais e 15.360 km de rodovias estaduais. Desse total, 69,3% foram considerados em regulares, ruins ou em péssimas condições, segundo (Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2014).

Os dados anteriores foram analisados em relação a pavimentação, sinalização e geometria das vias. Esses fatores contribuem não só com a má condição da via, mas também para a ineficiência logística rodoviária da região. Os parâmetros supracitados fazem dessas rodovias mais perigosas e aumentam significativamente a possibilidade de acidentes e o custo operacional de veículos circulantes nessas rodovias, conforme gráfico abaixo. Do ponto de vista empresarial, a rodovia pode ser considerada como meio não-confiável para transporte de produtos.

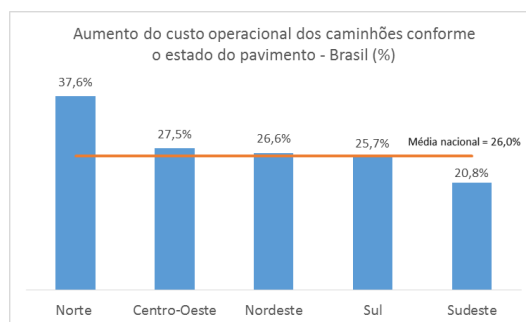


Figura 4: Aumento do custo operacional dos caminhões conforme o estado do pavimento - Brasil (%)  
Fonte: CNT, 2014

A má condição das vias, combinada com a idade avançada da frota de caminhões que circulam pelas mesmas resultam em desperdícios significativos de carga durante o percurso. Referente a produtos agrícolas em geral, o desperdício brasileiro no transporte chega a aproximadamente 7,8% do PIB do país. Em relação à soja, as perdas também são significativas. Na safra de 2000/2001, o desperdício de soja no Brasil atingiu a casa dos 570 milhões de reais (JARDINE, 2002).

Devido às perdas durante o transporte, ao percurso de distâncias elevadas e ao risco iminente de acidentes, o preço de frete é impactado e atinge valores absurdos quando comparados com a logística internacional. Por exemplo, o transporte de 90 toneladas de soja de Sorriso, MT até o porto de Paranaguá, PR custa US\$90. O transporte dessa mesma quantidade do porto de Paranaguá até a Europa custa um terço desse valor, US\$30 (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2009).

### 2.2.3.2. Modal Ferroviário

Conforme apontado anteriormente, o Brasil é um país onde o modal ferroviário, se utilizado em massa, seria considerado a melhor alternativa para o transporte de cargas. Isso se deve principalmente por se tratar de um país de extensas dimensões e com grande produção de produtos de baixo valor agregado, como as *commodities*.

Segundo Bowersox & Closs (2001), este é o cenário indicado para a implantação desse modal, que possui custos de instalação relativamente altos, incluindo custos de

implantação de terminais, linhas férreas e parques de armazenagem, e custos de manutenção, como mão de obra, combustível e energia, baixos quando comparado a outros modais. Sendo assim, a utilização da ferrovia em escala se torna fator essencial para diluição dos custos fixos iniciais e para o aproveitamento efetivo das vantagens do modal.

Além de ser apropriada para o país, a ferrovia é considerada uma das formas de transporte de mais fácil administração dentre as existentes. Possui custo e complexidade relativamente baixos. Afinal, suporta grandes cargas de uma só vez e possui caminho pré-determinado, o que facilita a previsão do tempo de transporte e evita acidentes de percurso que podem causar atrasos e perda de dinheiro agregado.

O fato de andar sob trilhos pode também ser considerado uma complicação do modal, visto que, para alcançar diversas regiões produtoras (e/ou consumidoras) necessita contar com a intermodalidade, e o transbordo é um fator que acrescenta complexidade e custo ao sistema ferroviário.

Segundo Coeli (2004), devido à semelhança da extensão territorial entre Brasil e Estados Unidos, a comparação logística entre os países se torna adequada. O Brasil, em 2012, alcançou 30.129 km de malha ferroviária, segundo (Condeferação Nacional do Transporte (CNT), 2013). Esse valor demonstra uma extensão bastante reduzida quando comparado aos aproximados 200.000 km de extensão da malha ferroviária dos Estados Unidos (COELI, 2004).

A distribuição de linhas férreas no Brasil é muito irregular, conforme mostrado na figura 5 (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2013). A ferrovia abrange apenas 22 estados brasileiros, contemplando, em sua maioria, a região Leste do Brasil, conforme pode ser visto na figura 5.

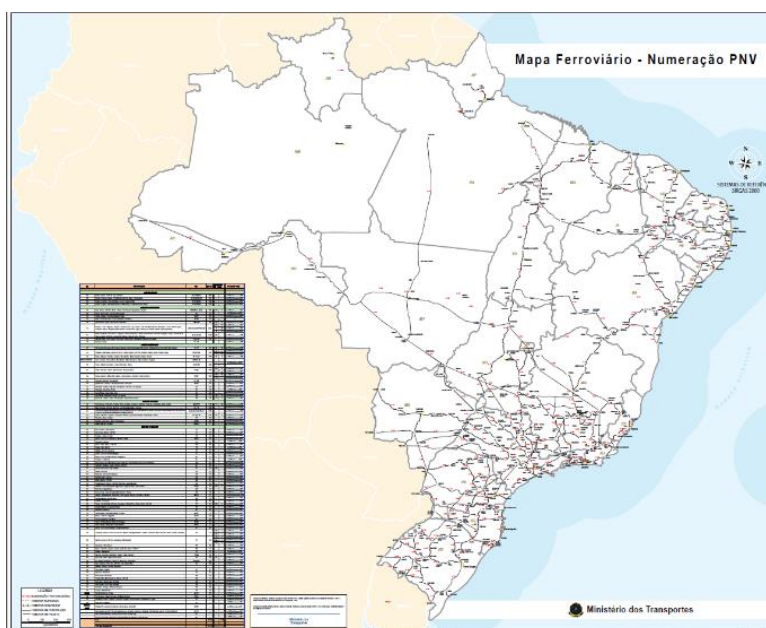


Figura 5: Malha ferroviária brasileira  
 Fonte: Ministério dos transportes, 2013

Com a expansão do agronegócio para a região Centro-Oeste do Brasil, surge a necessidade de expansão da malha ferroviária a norte do país, de forma que essa passe a contemplar as novas regiões produtoras, como o estado do Mato Grosso.

### 2.2.3.3. Porto de Santos

O Porto de Santos é o principal porto brasileiro, com um movimento de mais de 60 milhões de toneladas de cargas em geral. Para a logística brasileira, o porto de Santos vem sendo considerado extremamente importante desde sua inauguração em 1892, visto que é o principal local de escoamento de *commodities* do país.

Segundo a CODESP (2014), em dezembro de 2014, foram movimentadas mais de 9 milhões de toneladas, o representa um aumento de aproximadamente 6% quando comparado a dezembro de 2013. As exportações e importações ocorridas no porto tiveram aumento similar, na faixa dos 6% acima da tonelagem embarcada em 2013.

As estatísticas apontam o crescimento constante da demanda no porto, mas não há indícios de grandes investimentos em termos de aumento de capacidade do mesmo, o que pode resultar na saturação da capacidade do porto. Para alguns, essa saturação já

aconteceu: Apesar de continuar funcionando, o porto apresenta filas longas para descarga de caminhões, bem como para o carregamento do produto em navios.

Segundo reportagem na revista Dinheiro Rural, em março de 2013, “mais de 200 navios ancorados chegaram a aguardar até 16 dias pela carga de soja nos dois principais terminais brasileiros, o de Santos, no litoral paulista, e o de Paranaguá, no Paraná. Em São Paulo, uma fila de 30 quilômetros de caminhões na rodovia Cônego Domênico Rangoni, que leva ao porto de Santos, fez com que os motoristas esperassem mais de 20 horas para descarregar o grão” (PONTES, 2013).

Esses dados indicam a necessidade de buscar outros meios para escoamento da produção agrícola para exportação.

#### ***2.2.4. Principais projetos de ferrovias***

O PAC, Programa de Aceleração do Crescimento, foi criado em 2007 pelo, então presidente, Luiz Inácio Lula da Silva, visando obras de infraestrutura em diversos setores que influenciassem o crescimento sustentável e acelerado do Brasil. Essas obras abrangem aumento de capacidade de portos, melhoria em estrutura de rodovias, redes de esgoto e aeroportos, investimentos em geração de energia, hidrovias, expansão de ferrovias, etc. Em 2011, o PAC entrou em uma segunda fase, com investimentos estimados em 950 bilhões de reais, dessa vez sob comando da presidente Dilma Rousseff.

Em 2012, os projetos em andamento e em fase de estudos somavam um acréscimo na malha ferroviária de mais de 8.000 km, entre projetos de carga e de transporte de passageiros (REVISTA FERROVIÁRIA, 2012). Esses projetos englobavam a Ferrovia Norte-Sul, a ferrovia de integração Oeste-Leste (Fiol), a Nova Transnordestina, a duplicação da Estrada de Ferro Carajás, a segregação Leste-MRS, a expansão da Ferronorte, a duplicação entre Itirapina e Santos, a Ferrovia de Integração Centro-Oeste (Fico), o Corredor ferroviário Santa Catarina, o Ferroanel e o Projeto Serra Sul. Com a exceção de apenas um dos projetos, o Fiol, com previsão de término para 2015, todos os outros projetos estavam previstos para já terem sido concluídos até o final de 2014, o que não aconteceu.



Segundo reportagem do Contas Abertas (DUTRA, 2014), no 9º balanço do PAC 2, apenas 24% dos empreendimentos constavam como concluídos, sendo que quase 20% não haviam nem saído do papel.

Atualmente, o site oficial do PAC indica que, dentre os cinco Estados que esse estudo terá foco, apenas um deles ainda tem projetos em andamento, que é o caso de Goiás, com projetos de 5 lotes do trecho Sul da Ferrovia Norte-Sul, que ligará os municípios de Ouro Verde, GO ao de Estrela D'Oeste, SP (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2015).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

A Pesquisa Operacional se caracteriza como quantitativa, pois consegue retratar situações reais como um modelo matemático para resolução de problemas.

“Ela (a Pesquisa Operacional) parte da premissa de que é possível construir modelos que expliquem pelo menos parte do comportamento de processos reais, ou que é possível capturar pelo menos parte dos problemas de tomada de decisão encontrados em processos reais” (PUREZA & MORABITO, 2010).

O presente trabalho foi considerado como pesquisa empírica normativa, pois se trata de um modelo que propõe estratégias e ações para melhoria de uma situação existente. Ao contrário de um modelo descritivo, ao final do trabalho, é pretendido propor soluções para agir sobre o problema além de apenas aponta-lo (PUREZA & MORABITO, 2010).

A característica desse modelo é que utiliza de restrições específicas para o problema de forma a solucioná-lo, por isso, não é aplicável a qualquer situação semelhante. Isso torna o modelo um tanto restritivo, mas mais completo de forma a viabilizar a tomada de decisão ao final da pesquisa.

### **3.2. Modelo de localização escolhido**

O objetivo final desse trabalho é verificar a viabilidade do investimento em projetos de ferrovia que liguem os principais municípios de soja do Brasil aos portos do norte do país, conforme previsto em projetos do PAC. Sendo assim, foi escolhido o modelo de localização em arcos com custos fixos, para comparar os ganhos logísticos que podem ser obtidos com a abertura desses arcos e a situação atual, onde o escoamento de soja para exportação é feito, em maioria, pelo modal rodoviário.

Esse modelo considera um grafo com capacidade limitada, custo de fluxo unitário e arcos em que, se há fluxo, haverá custo associado a abertura dos mesmos. O modelo de custo fixo em fluxo de redes foi considerado como o mais apropriado para o presente estudo, visto que as principais cidades produtoras de soja em cada microrregião foram determinadas como um ponto inicial que demanda o transporte para escoamento. Cada uma dessas cidades possui demanda (capacidade de produção de soja) limitada, calculada pela média de produção histórica. O custo de fluxo em cada arco (associado à abertura do mesmo) é representado pelo frete ferroviário, calculado com base em fretes praticados por concessionárias atualmente. Além disso, à opção de abertura de arcos, estão associados custos fixos referentes à abertura de terminais intermodais de carregamento e descarga.

### **3.3. Fases de desenvolvimento**

A construção de um projeto de Pesquisa Operacional envolve um processo cíclico que consta na definição do problema, formulação do modelo matemático, solução e validação do modelo e implementação da solução para o problema em questão.

Durante a primeira fase do ciclo, de definição do problema, são estipulados não apenas o problema a ser resolvido, mas os objetivos, as decisões de interesse e o modelo conceitual do mesmo. Segundo Pureza & Morabito (2010), essa fase pode ser considerada a mais importante da pesquisa empírica, pois para encontrar a resposta correta para o problema, é necessário identificar o objetivo real do problema e as restrições que tangem o mesmo.

Concluída a definição do problema, inicia-se a fase de elaboração do modelo matemático. Esse pode ser dado através de lógicas de simulação, relações matemáticas ou alguma combinação dos dois. Essa fase envolve a coleta de dados de entrada para o problema, bem como o início de testes e experimentos preliminares para encontrar ou eliminar modelos alternativos para o problema em questão (PUREZA & MORABITO, 2010).

A terceira fase é a resolução do modelo através de algoritmos que envolvem uma solução objetivo e restrições computáveis. Geralmente, antes de a solução viável ser descoberta, são realizados testes para identificar possíveis erros no algoritmo. Além disso, é comum que, durante essa fase, sejam realizados testes de análise de sensibilidade e de cenários “para certificar a consistência e a robustez das soluções, particularmente quando os parâmetros do modelo não podem ser estimados com precisão” (PUREZA & MORABITO, 2010).

Na fase de validação do modelo, são realizados testes para avaliar a precisão do modelo. Isso pode ser realizado, por exemplo, por meio de comparação com dados históricos referentes ao problema. A abordagem, apesar de recomendada tem sucesso dependente da qualidade dos dados de entrada. A fase seguinte é a de implementação da solução. Essa consta em aplicar o que foi proposto pelo modelo.

## **4. RESULTADOS**

O presente capítulo tem como objetivo descrever a análise dos dados de entrada, a construção e os principais resultados relativos aos cenários estudados com o modelo de localização em arcos escolhido.

### **4.1. Áreas produtoras de soja nas regiões Centro-Oeste e Norte**

Conforme apontado anteriormente, é possível observar a tendência nacional de migração da produção de soja para as regiões Centro-Norte do Brasil. Tendo em vista que as regiões Sul e Sudeste, apesar de ainda serem importantes produtoras de soja, possuem rede ferroviária bastante estruturada para escoamento da mesma, o presente estudo foi

focado nas regiões Centro-Oeste e Norte, mais especificamente nos estados de Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Rondônia e Mato Grosso do Sul.

Para análise dos dados, acredita-se que considerar apenas unidades federativas seria muito abrangente e superficial. Em contraposição, considerar todos os municípios dos cinco estados estudados seria inviável, dada sua complexidade. Sendo assim, utilizou-se o conceito de Microrregiões proposto pelo IBGE.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1990), a definição das microrregiões se deu por possuírem um conjunto de especificidades semelhantes quanto à organização do espaço. Essas especificidades não significam uniformidade de atributos, e tampouco fornecem algum tipo de independência política às microrregiões; mas se referem à estruturação da agropecuária industrial, extrativismo mineral ou pesca.

Visto que o presente estudo se refere à produção de soja em grãos, a divisão dos estados estudados em microrregiões para análise foi considerada adequada.

No total, foram analisadas 67 microrregiões, contendo entre 2 e 25 municípios cada. A lista das microrregiões e seus respectivos municípios se encontra no Anexo 1.

Para fim de análise, uma cidade foi considerada como ponto focal em cada microrregião. A escolha dessa cidade se deu àquela que detivesse o maior volume de produção de soja da microrregião, conforme Tabela 1, a seguir. As microrregiões com produção nula ou irrisória de soja foram descartadas da análise.

*Tabela 1: Principais produtoras de soja nas microrregiões estudadas*

<b>Microrregião</b>	<b>Produção (t)</b>	<b>Maior cidade produtora</b>	<b>Produção (t)</b>
Alto Teles Pires - MT	4.236.050	Sorriso	1.401.719
Sudoeste de Goiás - GO	2.588.501	Rio Verde	754.931
Dourados - MS	2.227.683	Maracaju	392.015
Parecis - MT	2.068.019	Campo Novo do Parecis	758.821
Canarana - MT	1.004.079	Querência	391.961
Rondonópolis - MT	834.711	Itiquira	414.637
Sinop - MT	808.441	Sinop	249.853
Meia Ponte - GO	769.365	Goiatuba	175.198
Primavera do Leste - MT	692.019	Campo Verde	450.776
Entorno de Brasília - GO	654.403	Cristalina	286.961
Alto Taquari - MS	500.331	São Gabriel do Oeste	208.746
Vale do Rio dos Bois - GO	482.011	Paraúna	157.546
Tesouro - MT	456.769	General Carneiro	132.899

Arinos - MT	424.520	São José do Rio Claro	152.610
Pires do Rio - GO	358.809	Silvânia	142.528
Iguatemi - MS	357.884	Naviraí	79.993
Catalão - GO	353.853	Catalão	152.336
Campo Grande - MS	306.903	Sidrolândia	192.415
Cassilândia - MS	301.510	Costa Rica	161.395
Alto Araguaia - MT	283.623	Alto Garças	108.750
Paranatinga - MT	165.558	Gaúcha do Norte	97.782
Jalapão - TO	154.431	Campos Lindos	93.723
Aripuanã - MT	141.666	Brasnorte	138.762
Tangará da Serra - MT	119.638	Tangará da Serra	116.664
Cuiabá - MT	101.006	Santo Antônio do Leverger	86.589
Porto Nacional - TO	98.332	Pedro Afonso	35.363
Miracema do Tocantins - TO	85.313	Guaraí	37.257
Quirinópolis - GO	80.641	Quirinópolis	39.821
Colorado do Oeste - RO	79.676	Cerejeiras	29.429
Porangatu - GO	75.253	Niquelândia	32.557
Três Lagoas - MS	67.496	Água Clara	50.919
Médio Araguaia - MT	65.380	Barra do Garças	65.380
Dianópolis - TO	54.768	Dianópolis	36.521
Bodoquena - MS	50.440	Bela Vista	27.456
Vilhena - RO	45.507	Vilhena	45.507
Nova Andradina - MS	44.589	Batayporã	16.498
Chapada dos Veadeiros - GO	41.167	São João d`Aliança	37.482
Gurupi - TO	36.875	Brejinho de Nazaré	10.333
Rio Formoso - TO	34.556	Pium	18.744
Alto Paraguai - MT	34.287	Nortelândia	27.807
Norte Araguaia - MT	32.120	São Félix do Araguaia	20.908
Aragarças - GO	25.810	Montes Claros de Goiás	17.352
Colíder - MT	23.306	Terra Nova do Norte	10.346
Araguaína - TO	20.308	Palmeirante	20.308
Goiânia - GO	17.608	Leopoldo de. Bulhões	12.435
Alto Guaporé - MT	16.058	Vila Bela da Santíssima Trindade	12.508
Alto Pantanal - MT	13.904	Cáceres	13.904
Bico do Papagaio - TO	13.751	Darcinópolis	13.751
Ceres - GO	12.238	São Luiz do Norte	6.154
Anápolis - GO	11.426	Anápolis	7.147
Vão do Paranã - GO	9.692	Sítio d`Abadia	9.692
São Miguel do Araguaia - GO	7.608	Mundo Novo	7.608
Anicuns - GO	3.447	Turvânia	1.875
Rosário Oeste - MT	2.916	Rosário Oeste	2.916
Aquidauana - MS	2.521	Anastácio	1.593
Ji-Paraná - RO	1	Mirante da Serra	1

Alta Floresta - MT	0	x	X
Alvorada D'Oeste - RO	0	x	X
Ariquemes - RO	0	x	X
Baixo Pantanal - MS	0	x	X
Cacoal - RO	0	x	X
Guajará-Mirim - RO	0	x	X
Iporá - GO	0	x	X
Jauru - MT	0	x	X
Paranaíba - MS	0	x	X
Porto Velho - RO	0	x	X
Rio Vermelho - GO	0	x	X

Fonte: IBGE, 2012

Assim sendo, o estudo englobou 55 microrregiões representadas por 55 cidades. São essas: Sorriso – MT, Rio Verde – GO, Maracaju – MS, Campo Novo do Parecis – MT, Querência – MT, Itiquira – MT, Sinop – MT, Goiatuba – GO, Campo Verde – MT, Cristalina – GO, São Gabriel do Oeste – MS, Paraúna – GO, General Carneiro – MT, São José do Rio Claro – MT, Silvânia – GO, Naviraí – MS, Catalão – GO, Sidrolândia – MS, Costa Rica – MS, Alto Garças – MT, Gaúcha do Norte – MT, Campos Lindos – TO, Brasnorte – MT, Tangará da Serra – MT, Santo Antônio do Leverger – MT, Pedro Afonso – TO, Guaraí – TO, Quirinópolis – GO, Cerejeiras – RO, Niquelândia – GO, Água Clara – MS, Barra do Garças – MT, Dianópolis – TO, Bela Vista – MS, Vilhena – RO, Batayporã – MS, São João d'Aliança – GO, Brejinho de Nazaré – TO, Pium – TO, Nortelândia – MT, São Félix do Araguaia – MT, Montes Claros de Goiás – GO, Terra Nova do Norte – MT, Palmeirante – TO, Leopoldo de Bulhões – GO, Vila Bela da Santíssima Trindade – MT, Cáceres – MT, Darcinópolis – TO, São Luiz do Norte – GO, Anápolis – GO, Sítio d'Abadia – GO, Mundo Novo – GO, Turvânia – GO, Rosário Oeste – MT e Anastácio – MS.

## 4.2. Rede de escoamento da soja

### 4.2.1. Rodoviário

Para análise de escoamento da soja nos municípios supracitados, foram analisadas as distâncias entre cada um deles em forma de matriz, que corresponderão aos arcos no

teste. As informações de distâncias intermunicipais rodoviárias foram retiradas do site do *Google Maps*, conforme exemplo apresentado na figura 6, a seguir (GOOGLE, 2014):

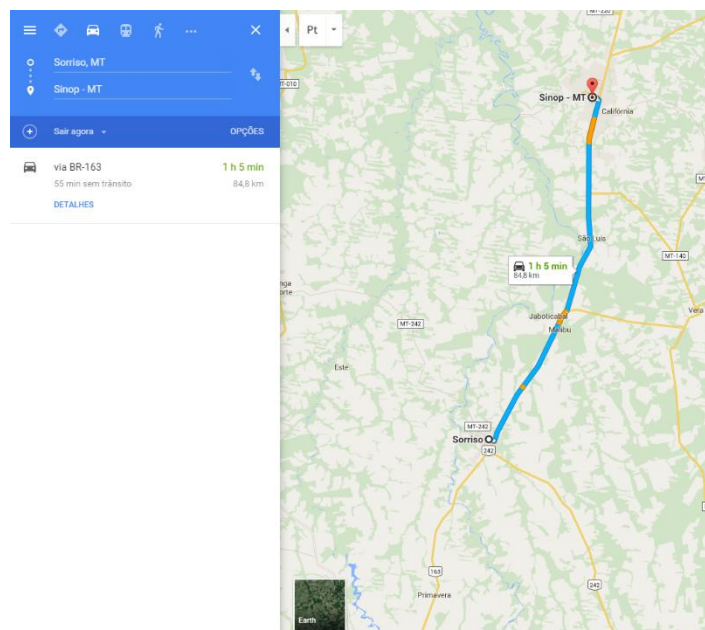


Figura 6: Distância intermunicipal  
Fonte: Google Maps, 2014

Dos 55 municípios pesquisados, 5 foram apontadas pelo Google como possuindo rotas impossíveis de serem calculadas. São essas: Campo Verde - MT, Gaúcha do Norte - MT, Campos Lindos - TO, Cerejeiras - RO e São João d'Aliança - GO, por isso, essas cidades foram retiradas da análise. Sendo assim, foram calculadas 1.225 distâncias intermunicipais, conforme mostrado no Anexo 2.

Dentre as 1225 distâncias pesquisadas, cerca de 80% das rotas utilizaram das rodovias nacionais BR-070, BR-153, BR-163, BR-060, BR-364, BR-158 e das locais MT-100 e GO-164. Uma pequena porção de rotas é intermodal, visto que necessita de balsas para o percurso. Esses casos totalizaram 3% do total (38 rotas).

#### 4.2.2. Ferroviário

Dos 5 estados estudados, apenas um (Rondônia) não possui malha ferroviária. Nos outros 4, apesar de contarem com o modal, isso acontece de forma limitada, conforme figura 7.

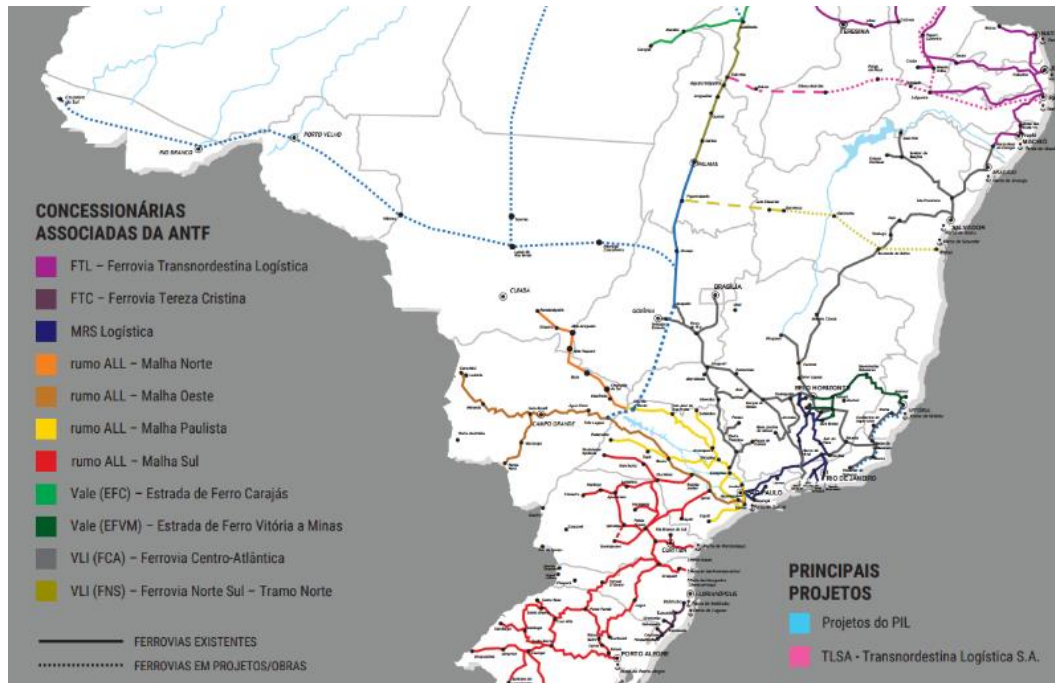


Figura 7: Malha ferroviária do Brasil  
Fonte: ANTF - Relatório de ferrovias

As concessionárias presentes nos estados estudados são: Rumo ALL – Malha Norte e Oeste, MRS e VLI (Ferrovias Norte-Sul e Centro-Atlântica). Apesar de as distâncias ferroviárias desses estados serem conhecidas, não foram encontradas informações de todas as necessárias para o presente estudo, sendo assim, todas as ferroviárias a serem estudadas tiveram extensão aproximada calculada utilizando a régua do aplicativo Google Earth, conforme figura 8, a seguir.



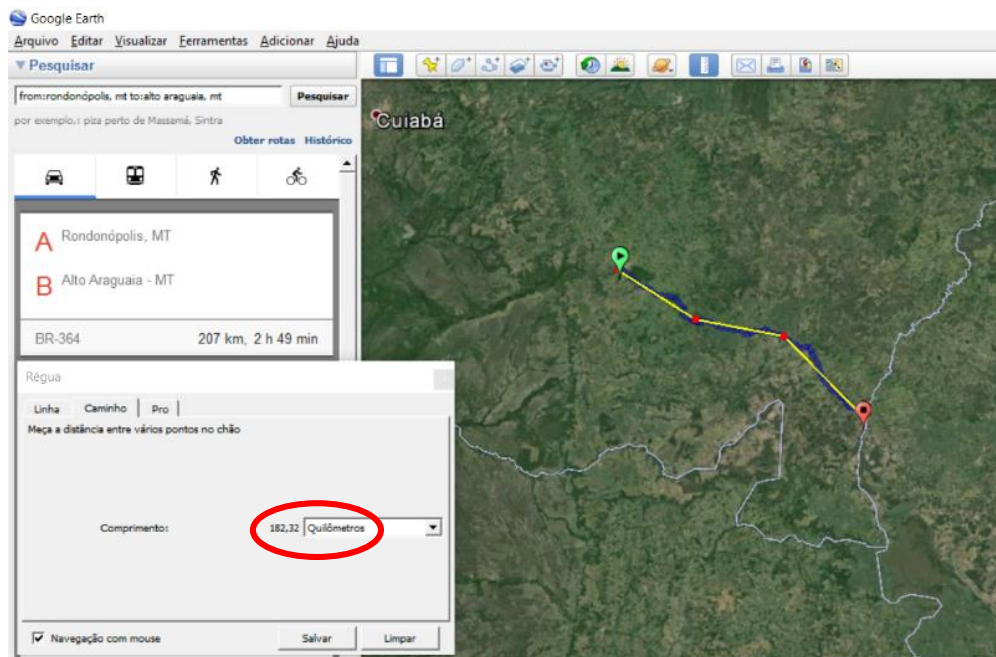


Figura 8: Extensão das ferrovias pesquisadas  
Fonte: Google Earth, 2015

Foram identificados 34 municípios que possuem ferrovias dentre os estados estudados. São esses: Rondonópolis – MT, Alto Araguaia – MT, Alto Taquari – MT, Chapadão do Sul – MS, Inocência – MS, Aparecida do Taboado – MS, Corumbá/Ladário – MS, Miranda – MS, Aquidauana – MS, Campo Grande – MS, Ribas do Rio Pardo – MS, Água Clara – MS, Três Lagoas – MS, Maracaju – MS, Ponta Porã – MS, Porangatu – GO, Formoso – GO, Campinorte – GO, Uruaçu – GO, Ouro Verde de Goiás – GO, Anápolis – GO, Goiânia – GO, Brasília – DF, Luziânia – GO, Ipameri – GO, Catalão – GO, Aguiarnópolis – TO, Guaraí – TO, Miracema do Tocantins – TO, Palmas – TO, Porto Nacional – TO, Figueirópolis – TO, Alvorada – TO e Talismã –TO.

Como as ferrovias são compostas por linhas singelas que funcionam nos dois sentidos intermunicipais e, na ampla maioria das vezes, conectam uma cidade apenas a uma outra, dessa análise, resultaram 33 arcos a serem consideradas no teste.

### **4.3. Alternativas para escoamento**

#### ***4.3.1. Ferrovias em projeto***

Além da malha ferroviária existente observada na figura 7, pode-se observar uma quantidade significativa de projetos ferroviários nos 5 estados estudados, previstos no programa de aceleração do crescimento do governo federal. Os projetos considerados no presente estudo apresentavam status em execução ou em ação preparatória na época em que foram incluídos do estudo, em setembro de 2014, segundo o Ministério do Planejamento, 2014.

Três projetos ferroviários previstos no PAC foram incluídos nesse estudo: A Extensão da Ferronorte até Cuiabá – MT, englobando os municípios de Rondonópolis e Cuiabá; a Ferrovia de Integração do Centro-Oeste englobando os municípios de Campinorte – GO, Nova Iguaçu de Goiás – GO, Pilar de Goiás – GO, Santa Terezinha de Goiás – GO, Crixás – GO, Nova Crixás – GO, Aruanã – GO, Cocalinho – MT, Nova Nazaré – MT, Água Boa – MT, Nova Uiratã – MT, Sorriso – MT, Lucas do Rio Verde – MT, Nova Mutum – MT, Nova Maringá – MT, Brasnorte – MT, Sapezal – MT, Campos de Júlio – MT, Comodoro – MT, Vilhena – RO, Canarana – MT e Uiratã – MT. Sendo assim, foram considerados 24 municípios com possibilidade de instalação de ferrovias.

As distâncias entre esses municípios foram coletadas bem como a de ferrovias existentes, por meio de estimativas a partir da régua do Google Earth e totalizaram 232 arcos de possíveis ferrovias a serem implantadas.

#### ***4.3.2. Portos atualmente subutilizados***

Foram considerados 4 possíveis destinos finais para o escoamento da soja no Brasil, seriam esses os portos do Norte (Itacoatira – AM, Santarém – PA, Barcarena – PA e São Luís – MA). Toda a produção ofertada nas cidades produtoras seria destinada a pelo menos um desses quatro portos. Durante essa fase do estudo, não foi considerado o estado de conservação atual dos portos, nem sua capacidade de escoamento. Inicialmente, iremos supor que toda a oferta que chegar a um dos portos será escoada para o exterior.

### **4.3.3. Multimodal**

Para interligação do modelo matemático, também foram coletadas todas as distâncias entre as cidades produtoras de soja, as cidades em que há ferrovias, as cidades com projetos de ferrovias e os portos do Norte. Os arcos que representariam o modal rodoviário tiveram extensão coletada no Google Maps e os que representariam ferrovia tiveram extensão estimada via régua do Google Earth. Dessa forma, o estudo englobou 5638 distâncias (arcos).

### **4.3.4. Custos**

Para o presente estudo, foram considerados os custos de frete ferroviário e rodoviário sugeridos no relatório O sistema ferroviário brasileiro da CNT: R\$ 0,09 por km por tonelada para o rodoviário, R\$ 0,06 por km por tonelada para o ferroviário e US\$2,00 por tonelada para o custo de transbordo (Condeferação Nacional do Transporte (CNT), 2013).

Segundo reportagem do Estadão, em agosto de 2014, o custo aproximado de construção de 1km de ferrovia é de US\$1,5 milhão (FRANÇA, 2014). Esse valor é utilizado no estudo, para a composição dos cenários de testes. Considerando o preço do dólar comercial, de R\$2,2605, em 01 de agosto de 2014, o custo para a construção de um quilômetro de ferrovia, em reais, seria de 3,39 milhões (ECONOMIA UOL, 2013). O valor do dólar considerado tem data de referência de 2014, visto que a estimativa de custo da construção de ferrovias é referente a essa mesma data. Considerando esse valor para o dólar, será considerado o custo de transbordo como R\$4,52 por tonelada de produto transbordado.

A construção de um terminal de transbordo com capacidade para operar até 2,4 milhões de toneladas por ano terá custo aproximado de R\$40 milhões, segundo reportagem online do Dinheiro Rural (POPOV, 2012).

## 4.4. Proposta de cenários

### 4.4.1. Cenário 1 – Sem considerar custos de implantação e fretes

Inicialmente, o modelo foi formulado de forma a considerar apenas as dimensões e encontrar o caminho ótimo, que minimize a distância total entre as cidades produtoras e algum dos portos do Norte. Custos de frete, de transbordo ou de implantação, tanto de ferrovias, quanto de rodovias não foram utilizados nessa fase da análise.

Após alguns testes, foi encontrada uma solução ótima, em que toda a demanda produzida nas 50 cidades produtoras, que totalizou 20.365.925 toneladas de soja em grãos, seria escoada por pelo menos um dos quatro portos do Norte do Brasil.

A solução ótima encontrada teve fluxos representados na figura 9:



Figura 9: Representação da Solução Ótima, cenário 1

A solução ótima se deu por meio de três grandes fluxos: O primeiro envolveu 5 cidades produtoras (4 do Mato Grosso e 1 de Goiás) e os portos de São Luís do Maranhão e Santarém, Pará. Esse fluxo transportou aproximadamente 986 mil toneladas no total, sendo apenas 9.600 t para o porto de São Luís.

O segundo fluxo englobou 13 cidades produtoras de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e totalizou transporte de 8,5 milhões de toneladas, que foram escoadas no porto de Santarém, no Pará.

O terceiro fluxo foi o mais complexo da solução, visto que incluiu 32 cidades produtoras dos 5 estados estudados (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Goiás e Rondônia). O transporte de soja em grãos nesse fluxo totalizou 10,8 milhões de toneladas, totalmente direcionado ao porto de Barcarena, no Pará.

A solução ótima optou pela abertura de apenas 2 trechos de ferrovia propostos pelos projetos do PAC, envolvendo 3 cidades. São esses os trechos entre Nova Mutum – MT e Lucas do Rio Verde - MT e Sorriso - MT.

Diante do cenário resultante, é possível perceber que a grande maioria do volume produzido foi escoado pelos portos do Pará (Barcarena e Santarém), enquanto o porto de Itacoara, no Amazonas não obteve fluxo. Vale lembrar que, nesse cenário, também não foi considerado o fator capacidade de cada trecho. Sendo assim, essa pode ser uma causa para o agrupamento da maioria da carga produzida em apenas 2 portos. Caso tivesse sido considerada a capacidade máxima de cada porto, a solução ótima teria sido diferente, visto que, no porto de Santarém, por exemplo, a capacidade máxima estimada anual é de 2.375 milhões de toneladas (FC Stone do Brasil, 2012).

#### ***4.2.2. Cenário 2 – Considerando custos e capacidade***

Após o primeiro teste do modelo, foi considerado um novo cenário, que se assemelha mais à realidade do Brasil. As rodovias e ferrovias existentes foram consideradas como arcos já abertos, em que o fluxo existiria ou não e as ferrovias em projeto foram consideradas como arcos que poderiam ser abertos, caso existisse fluxo nos mesmos. A opção de abertura desses novos arcos foi associada a um custo de instalação dos terminais multimodais.

Nesse cenário, foram considerados os custos de instalação, os de frete e os de transbordo, conforme descritos anteriormente. Para isso, o algoritmo do modelo teve que ser ajustado, de forma a considerar esses novos quesitos como restrições.



Figura 10: Representação da Solução Ótima, cenário 2

A figura 10 representa a solução encontrada no modelo. Conforme se pode observar, nesse cenário, todos os portos colocados como opção no algoritmo foram utilizados para escoamento de soja para o exterior.

A solução ótima se deu por quatro principais grandes fluxos, cada um com fim em um dos quatro portos. O porto de Barcarena, no Pará, foi utilizado, no modelo, para escoar 11,8 milhões de toneladas de soja, principalmente originadas de cidades produtoras do Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins. Já o porto de Santarém-PA, escoaria um total de 8,5 milhões de toneladas, em sua maioria, produzidas no Mato Grosso.

Já os portos de Itacoara-AM, e de São Luís do Maranhão, escoariam apenas 45.000 t e 9.000 t, respectivamente. Cada um receberia a produção de apenas um município: Sítio D'Abadia, em Goiás, para o porto do Maranhão, e Vilhena, em Rondônia, para o porto de Itacoara.

Levando em consideração a capacidade de escoamento de cada porto, vê-se que a atual situação dos mesmos não comportaria o escoamento de toda a produção dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Goiás e Rondônia, visto que a mesma totaliza aproximadamente 20 milhões ao ano e esses portos possuem capacidade, em conjunto, de aproximadamente 12,6 milhões/ano. Isso indica a necessidade de investimento em pelo menos um desses portos. O porto de Santos – SP, o mais utilizado e maior do Brasil, tem, sozinho, capacidade de escoamento de quase 60 milhões de toneladas por ano (FC STONE DO BRASIL, 2012).

O modelo considerou a produção de soja em grãos de um ano. Sabe-se que o investimento ferroviário é viável no longo prazo, pois possui um custo fixo de instalação muito elevado. Em compensação, seu custo de manutenção, bem como os fretes utilizados, é inferior aos custos das rodovias, além de possuírem vida útil mais longas. Acredita-se que, devido ao modelo contemplar apenas a produção de um ano, a solução ótima dada pelo modelo não recomendou a instalação de nenhuma das ferrovias em projeto. Além disso, o modelo não considerou fatores como manutenção das rodovias e da frota de caminhões, consumo de diesel e imensuráveis, como confiabilidade no transporte.

Ainda assim, o modelo sugeriu a abertura de 17 arcos de ferrovia já existentes, o que representa que, mesmo com o custo de transbordo, a ferrovia ainda é o modal preferível quando disponível, por apresentar fretes mais baixos e por encurtar distâncias.

Sugere-se que em trabalhos futuros, pelo menos os fatores quantitativos que não foram utilizados para o presente trabalho, sejam considerados para um modelo mais coerente com a realidade. Acredita-se que, então, a ferrovia, pelo menos em alguns trechos, se tornará uma opção viável para escoamento de soja em grãos para exportação.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou a possibilidade de utilizar trechos de ferrovia considerados em projetos do PAC para carregar soja em grãos das principais cidades produtoras de 5 estados até os portos do norte do país.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para avaliar a existência de algum estudo que se referisse ao assunto, que pudesse ditar o rumo do presente trabalho. Foram encontrados poucos artigos no campo de pesquisa, mas muita informação adicional, na qual a pesquisa foi baseada.

Foi utilizada a metodologia de pesquisa empírica normativa para criar um modelo de localização em arcos com custos fixos e analisar a viabilidade de construção de ferrovias para escoamento de soja em grãos por quatro portos do Norte do Brasil (os portos de Itacoatira - Amazonas, Santarém - Pará, Barcarena - Pará e São Luís - Maranhão).

A pesquisa teve como motivação principal o cenário atual de congestionamentos constantes no porto de Santos e a possibilidade de saturação total do mesmo, além da migração da produção em massa de soja para o Centro-Oeste do Brasil, que antes tinha foco no estado de São Paulo.

Foram construídos dois cenários para análise da viabilidade supracitada. O primeiro deles, feito com objetivo principal de validar os dados e o modelo construído, não incluiu custos, tanto de fretes quanto de transbordo e construção de terminais intermodais, apenas buscou encontrar uma solução ótima em que as distâncias fossem minimizadas. O segundo cenário considerou os custos envolvidos de frete, construção de terminais e transbordo.

O primeiro cenário encontrou solução ótima em que apenas três dos quatro portos do Norte (os de Santarém e Barcarena no Pará e o de São Luís no Maranhão) foram utilizados e toda a soja produzida nos 5 estados de origem foi escoada. Apenas 2 trechos utilizados foram ferroviários, que ligam as cidades de Nova Mutum até Sorriso, passando por Lucas do Rio Verde, no Mato Grosso.

O segundo cenário, que considerou custos de frete, de transbordo e de instalação, teve como solução ótima a não abertura de nenhum arco de projeto de ferrovia em projeto,



mas em casos em que a ferrovia já existia, esse era o modal escolhido. Sendo assim, 17 trechos foram feitos via ferrovia.

Acredita-se que o modelo optou pela não abertura dos arcos, pois considerou a produção de soja de apenas 1 ano, período que a utilização das ferrovias não compensaria o alto investimento inicial para construção de terminais intermodais. A curto prazo, o modal rodoviário é uma opção mais barata, e por isso, foi mais utilizada. A longo prazo, o modal ferroviário se torna viável, visto que, além de possuir fretes mais baratos, é mais confiável, seguro e mais facilmente controlável.

O modelo não considerou fatores como conservação de rodovias e de caminhões, custo de manutenção, tanto ferro quanto rodoviário, consumo de diesel e outros fatores intangíveis, como segurança e confiabilidade.

Tendo em mente os fatores supracitados, fica como sugestão para trabalhos futuros a construção de um modelo que considere essas premissas. Dessa forma, acredita-se que a abertura dos trechos de ferrovia em projeto se tornaria viável.

## REFERÊNCIAS

- ANTF. (Agosto de 2014). *Mapa Ferroviário Brasileiro*. Fonte: Associação Nacional dos Transportes Ferroviários: <http://www.antf.org.br/index.php/informacoes-do-setor/mapa-ferroviario-brasileiro>
- Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R., & Yanasse, H. (2007). *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2001). *Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). (09 de dezembro de 2014). *PERSPECTIVAS PARA O AGRONEGÓCIO EM 2015*. Fonte: CEPEA: [http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea\\_Perspectivas%20Agroneg2015\\_relatorio.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_Perspectivas%20Agroneg2015_relatorio.pdf)
- CODESP. (Dezembro de 2014). *Mensário Estatístico do Porto de Santos*. Fonte: Porto de Santos: [http://201.33.127.41/DocPublico/estmen\\_CPT/2014/estmen-2014-12.pdf](http://201.33.127.41/DocPublico/estmen_CPT/2014/estmen-2014-12.pdf)
- Coeli, C. C. (2004). Análise de demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte. *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPPEAD de Administração*.
- Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB). (Janeiro de 2015). *Acompanhamento da Safra brasileira Grãos, v.2 - Safra 2014/15, n.4*. Fonte: CONAB: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_01\\_09\\_09\\_00\\_21\\_bol-etim-graos-janeiro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_bol-etim-graos-janeiro_2015.pdf)
- Condeferação Nacional do Transporte (CNT). (2013). *Transporte e Economia: O Sistema ferroviário brasileiro*. Brasília.
- Confederação Nacional do Transporte (CNT). (2014). *Pesquisa CNT de Rodovias: Relatório Gerencial 2014*. Brasília.
- Cortes, J. M., & Júnior, G. G. (2001). UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA PARA LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, (p. 22 Anais). Salvador.
- Dutra, M. (5 de abril de 2014). *PAC 2: Apenas 25% das obras em ferrovias foram concluídas*. Fonte: Contas Abertas: <http://www.contasabertas.com.br/website/arquivos/8144>
- Economia UOL. (01 de 08 de 2013). *Câmbio*. Fonte: Cotações: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/>
- FC Stone do Brasil. (2012). *Capacidade dos Portos Brasileiros – Soja e Milho*.

- França, V. (06 de agosto de 2014). *Malha ferroviária produtiva do Brasil é a mesma do império*. Fonte: Estadão: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,malha-ferroviaria-produtiva-do-brasil-e-a-mesma-do-imperio,1539689>
- Globo Comunicação e Participações S.A. (11 de fevereiro de 2014). *Brasil se destaca como o maior produtor de soja do mundo, diz USDA*. Fonte: g1 - Agrodebate: <http://g1.globo.com/mato-grosso/agrodebate/noticia/2014/02/brasil-se-destaca-como-o-maior-produtor-de-soja-do-mundo-diz-usda.html>
- Google. (2014). *Rotas*. Fonte: Google Maps: <https://www.google.com.br/maps/dir/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1990). *Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas*, vol 1. Rio de Janeiro. Fonte: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2014). *Series Históricas e Estatísticas*. Fonte: IBGE: <http://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=0&vcodigo=AGRO34&t=producao-vegetal>
- Jardine, C. (2002). Quando a produção não vai para o saco. *A Granja, Porto Alegre*, v.58, n.639, 12-19.
- Lorena, L. A., Senne, E. L., Paiva, J. A., & Marcondes, S. P. (2001). INTEGRAÇÃO DE UM MODELO DE P-MEDIANAS A SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. *Gestão e Produção*, pp. 8(2): 180-195.
- Miguel, P. A., Afonso Fleury, C. H., Nakano, D. N., Turrioni, J. B., Ho, L. L., Morabito, R., . . . Pureza, V. (2010). *Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.
- Ministério do Planejamento. (Abril de 2014). *Ferrovias*. Fonte: PAC: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-logistica/ferrovias>
- Ministério do Planejamento. (10 de novembro de 2015). *Ferrovias*. Fonte: PAC: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-logistica/ferrovias>
- Ministério dos transportes. (2013). *Mapa ferroviário*. Fonte: Ministérios dos transportes: <http://www2.transportes.gov.br/bit/01-inicial/07-download/mapaferro2013.pdf>
- Noticias Agrícolas. (03 de março de 2009). Perdas no transporte da soja causam prejuízos enormes. *Notícias Agrícolas*.
- Pontes, A. (abril de 2013). *O Caos do porto*. Fonte: Revista Dinheiro Rural: <http://revistadinheirorural.terra.com.br/secao/agroeconomia/o-caos-do-porto>
- Popov, D. (Junho de 2012). *Os trilhos do Agronegócio*. Fonte: Dinheiro Rural: <http://dinheirorural.com.br/secao/agronegocios/os-trilhos-do-agronegocios>
- Pureza, & Morabito. (2010). Metodologia de pesquisa. Em P. A. Miguel, C. H. Afonso Fleury, D. N. Nakano, J. B. Turrioni, L. L. Ho, R. Morabito, . . . V. Pureza,

*Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações* (p. cap. 8). Elsevier Editora Ltda.

Revista Ferroviária. (2012). Ferrovias em Expansão. *Revista Ferroviária*, Jun/Jul , 34-45.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Lista de municípios por Microrregião

#### **Alto Teles Pires - MT**

Ipiranga do Norte  
Itanhangá  
Lucas do Rio Verde  
Nobres  
Nova Mutum  
Nova Uiratã  
Santa Rita do Trivelato  
Sorriso  
Tapurah

#### **Alta Floresta - MT**

Alta Floresta  
Apiacás  
Carlinda  
Nova Bandeirantes  
Nova Monte Verde  
Paranaíta

#### **Alto Araguaia - MT**

Alto Araguaia  
Alto Garças  
Alto Taquari

#### **Alto Guaporé - MT**

Conquista d'Oeste  
Nova Lacerda  
Pontes e Lacerda  
Vale de São Domingos  
Vila Bela da Santíssima Trindade

#### **Alto Pantanal - MT**

Barão de Melgaço  
Cáceres  
Curvelândia  
Poconé

#### **Alto Paraguai - MT**

Alto Paraguai  
Arenópolis  
Nortelândia  
Nova Marilândia  
Santo Afonso

#### **Alto Taquari - MS**

Alcinópolis  
Camapuã  
Coxim  
Figueirão  
Pedro Gomes  
Rio Verde de Mato Grosso  
São Gabriel do Oeste  
Sonora

#### **Alvorada D'Oeste - RO**

Alvorada d'Oeste  
Nova Brasilândia d'Oeste  
São Miguel do Guaporé  
Seringueiras

#### **Anápolis - GO**

Anápolis  
Araçu  
Brazabrantes  
Campo Limpo de Goiás  
Caturai  
Damolândia  
Heitorai  
Inhumas  
Itaberaí  
Itaguari  
Itaguaru  
Itaçu  
Jaraguá  
Jesúpolis

Nova Veneza  
Ouro Verde de Goiás  
Petrolina de Goiás  
Santa Rosa de Goiás  
São Francisco de Goiás  
Taquaral de Goiás

#### **Anicuns - GO**

Adelândia  
Americano do Brasil  
Anicuns  
Aurilândia  
Avelinópolis  
Buriti de Goiás  
Firminópolis  
Mossâmedes  
Nazário  
Sanclerlândia  
Santa Bárbara de Goiás  
São Luís de Montes Belos  
Turvânia

#### **Aquidauana - MS**

Anastácio  
Aquidauana  
Dois Irmãos do Buriti  
Miranda

#### **Aragarças - GO**

Aragarças  
Arenópolis  
Baliza

Bom Jardim de Goiás  
Diorama  
Montes Claros de Goiás  
Piranhas

#### **Araguaína - TO**

Aragominas  
Araguaína  
Araguanã  
Arapoema  
Babaçulândia  
Bandeirantes do Tocantins  
Carmolândia  
Colinas do Tocantins  
Filadélfia  
Muricilândia  
Nova Olinda  
Palmeirante  
Pau d'Arco  
Piraquê  
Santa Fé do Araguaia  
Wanderlândia  
Xambioá

#### **Arinos - MT**

Juara  
Nova Maringá  
Novo Horizonte do Norte  
Porto dos Gaúchos  
São José do Rio Claro  
Tabaporã

#### **Aripuanã - MT**

Aripuanã  
Brasnorte  
Castanheira  
Colniza  
Cotriguaçu  
Juína  
Juruena  
Rondolândia

#### **Ariquemes - RO**

Alto Paraíso  
Ariquemes  
Cacaulândia  
Machadinho d'Oeste  
Monte Negro  
Rio Crespo  
Vale do Anari

#### **Baixo Pantanal - MS**

Corumbá

Ladário  
Porto Murinho  
**Bico do Papagaio - TO**  
Aguiarnópolis  
Ananás  
Angico  
Araguatins  
Augustinópolis  
Arixá do Tocantins  
Buriti do Tocantins  
Cachoeirinha  
Carrasco Bonito  
Darcinópolis  
Esperantins  
Itaguatins  
Luzinópolis  
Maurilândia do Tocantins  
Nazaré  
Palmeiras do Tocantins  
Praia Norte  
Riachinho  
Sampaio  
Santa Terezinha do Tocantins  
São Bento do Tocantins  
São Miguel do Tocantins  
São Sebastião do Tocantins  
Sítio Novo do Tocantins  
Tocantinópolis  
**Bodoquena - MS**  
Bela Vista  
Bodoquena  
Bonito  
Caracol  
Guia Lopes da Laguna  
Jardim  
Nioaque  
**Cacoal - RO**  
Alta Floresta d'Oeste  
Alto Alegre dos Parecis  
Cacoal  
Castanheiras  
Espigão d'Oeste  
Ministro Andreazza  
Novo Horizonte do Oeste  
Rolim de Moura  
Santa Luzia d'Oeste  
**Campo Grande - MS**  
Bandeirantes

Campo Grande  
Corguinho  
Jaraguari  
Rio Negro  
Rochedo  
Sidrolândia  
Terenos  
**Canarana - MT**  
Água Boa  
Campinápolis  
Canarana  
Nova Nazaré  
Nova Xavantina  
Novo São Joaquim  
Querência  
Santo Antônio do Leste  
**Cassilândia - MS**  
Cassilândia  
Chapadão do Sul  
Costa Rica  
Paraíso das Águas  
**Catalão - GO**  
Anhanguera  
Campo Alegre de Goiás  
Catalão  
Corumbaíba  
Cumari  
Davinópolis  
GoianDIRA  
Ipameri  
Nova Aurora  
Ouvidor  
Três Ranchos  
**Ceres - GO**  
Barro Alto  
Carmo do Rio Verde  
Ceres  
Goianésia  
GuaRaíta  
Guarinos  
Hidrolina  
Ipiranga de Goiás  
Itapaci  
Itapuranga  
Morro Agudo de Goiás  
Nova América  
Nova Glória  
Pilar de Goiás

Rialma  
Rianápolis  
Rubiataba  
Santa Isabel  
Santa Rita do Novo Destino  
São Luíz do Norte  
São Patrício  
Uruana  
**Chapada dos Veadeiros - GO**  
Alto Paraíso de Goiás  
Campos Belos  
Cavalcante  
Colinas do Sul  
Monte Alegre de Goiás  
Nova Roma  
São João d'Aliança  
Teresina de Goiás  
**Colíder - MT**  
Colíder  
Guarantã do Norte  
Matupá  
Nova Canaã do Norte  
Nova Guarita  
Novo Mundo  
Peixoto de Azevedo  
Terra Nova do Norte  
**Colorado do Oeste - RO**  
Cabixi  
Cerejeiras  
Colorado do Oeste  
Corumbiara  
Pimenteiras do Oeste  
**Cuiabá - MT**  
Chapada dos Guimarães  
Cuiabá  
Nossa Senhora do Livramento  
Santo Antônio do Leverger  
Várzea Grande  
**Dianópolis - TO**  
Almas  
Arraias  
Aurora do Tocantins  
Chapada da Natividade  
Combinado  
Conceição do Tocantins  
Dianópolis  
Lavandeira  
Natividade

Novo Alegre  
 Novo Jardim  
 Paranã  
 Pindorama do Tocantins  
 Ponte Alta do Bom Jesus  
 Porto Alegre do Tocantins  
 Rio da Conceição  
 Santa Rosa do Tocantins  
 São Valério  
 Taguatinga  
 Taipas do Tocantins

**Dourados - MS**

Amambai  
 Antônio João  
 Aral Moreira  
 Caarapó  
 Douradina  
 Dourados  
 Fátima do Sul  
 Itaporã  
 Juti  
 Laguna Carapã  
 Maracaju  
 Nova Alvorada do Sul  
 Ponta Porã  
 Rio Brillhante  
 Vicentina

**Entorno de Brasília - GO**

Abadiânia  
 Água Fria de Goiás  
 Águas Lindas de Goiás  
 Alexânia  
 Cabeceiras  
 Cidade Ocidental  
 Cocalzinho de Goiás  
 Corumbá de Goiás  
 Cristalina  
 Formosa  
 Luziânia  
 Mimoso de Goiás  
 Novo Gama  
 Padre Bernardo  
 Pirenópolis  
 Planaltina  
 Santo Antônio do Descoberto  
 Valparaíso de Goiás  
 Vila Boa  
 Vila Propício

**Goiânia - GO**

Abadia de Goiás  
 Aparecida de Goiânia  
 Aragoiânia  
 Bela Vista de Goiás  
 Bonfinópolis  
 Caldazinha  
 Goianápolis  
 Goiânia  
 Goianira  
 Guapó  
 Hidrolândia  
 Leopoldo de Bulhões  
 Nerópolis  
 Santo Antônio de Goiás  
 Senador Canedo  
 Terezópolis de Goiás  
 Trindade

**Guajará-Mirim - RO**

Costa Marques  
 Guajará-Mirim  
 São Francisco do Guaporé

**Gurupi - TO**

Aliança do Tocantins  
 Alvorada  
 Brejinho de Nazaré  
 Cariri do Tocantins  
 Crixás do Tocantins  
 Figueirópolis  
 Gurupi  
 Jaú do Tocantins  
 Palmeirópolis  
 Peixe  
 Santa Rita do Tocantins  
 São Salvador do Tocantins  
 Sucupira  
 Talismã

**Iguatemi - MS**

Angélica  
 Coronel Sapucaia  
 Deodápolis  
 Eldorado  
 Glória de Dourados  
 Iguatemi  
 Itaquiraí  
 Ivinhema  
 Japorã  
 Jateí

Mundo Novo  
 Naviraí  
 Novo Horizonte do Sul  
 Paranhos  
 Sete Quedas  
 Tacuru

**Iporá - GO**

Amorinópolis  
 Cachoeira de Goiás  
 Córrego do Ouro  
 Fazenda Nova  
 Iporá  
 Israelândia  
 Ivolândia  
 Jaupaci  
 Moiporá  
 Novo Brasil

**Jalapão - TO**

Barra do Ouro  
 Campos Lindos  
 Centenário  
 Goiatins  
 Itacajá  
 Itapiratins  
 Lagoa do Tocantins  
 Lizarda  
 Mateiros  
 Novo Acordo  
 Ponte Alta do Tocantins  
 Recursolândia  
 Rio Sono  
 Santa Tereza do Tocantins  
 São Félix do Tocantins

**Jauru - MT**

Araputanga  
 Figueirópolis D'Oeste  
 Glória D'Oeste  
 Indaivaí  
 Jauru  
 Lambari D'Oeste  
 Mirassol d'Oeste  
 Porto Esperidião  
 Reserva do Cabaçal  
 Rio Branco  
 Salto do Céu  
 São José dos Quatro Marcos

**Ji-Paraná - RO**

Governador Jorge Teixeira

Jaru  
 Ji-Paraná  
 Mirante da Serra  
 Nova União  
 Ouro Preto do Oeste  
 Presidente Médici  
 Teixeiraópolis  
 Theobroma  
 Urupá  
 Vale do Paraíso  
**Médio Araguaia - MT**  
 Araguaiana  
 Barra do Garças  
 Cocalinho  
**Meia Ponte - GO**  
 Água Limpa  
 Aloândia  
 Bom Jesus de Goiás  
 Buriti Alegre  
 Cachoeira Dourada  
 Caldas Novas  
 Cromínia  
 Goiatuba  
 Inaciolândia  
 Itumbiara  
 Joviânia  
 Mairipotaba  
 Marzagão  
 Morrinhos  
 Panamá  
 Piracanjuba  
 Pontalina  
 Porteirão  
 Professor Jamil  
 Rio Quente  
 Vicentinópolis  
**Miracema do Tocantins - TO**  
 Abreulândia  
 Araguacema  
 Barrolândia  
 Bernardo Sayão  
 Brasilândia do Tocantins  
 Caseara  
 Colméia  
 Couto Magalhães  
 Divinópolis do Tocantins  
 Dois Irmãos do Tocantins  
 Fortaleza do Tabocão

Goianorte  
 Guaráf  
 Itaporã do Tocantins  
 Juarina  
 Marianópolis do Tocantins  
 Miracema do Tocantins  
 Miranorte  
 Monte Santo do Tocantins  
 Pequizeiro  
 Presidente Kennedy  
 Rio dos Bois  
 Tupirama  
 Tupiratins  
**Norte Araguaia - MT**  
 Alto Boa Vista  
 Bom Jesus do Araguaia  
 Canabrava do Norte  
 Confresa  
 Luciára  
 Novo Santo Antônio  
 Porto Alegre do Norte  
 Ribeirão Cascalheira  
 Santa Cruz do Xingu  
 Santa Terezinha  
 São Félix do Araguaia  
 São José do Xingu  
 Serra Nova Dourada  
 Vila Rica  
**Nova Andradina - MS**  
 Anaurilândia  
 Bataguassu  
 Batayporã  
 Nova Andradina  
 Taquarussu  
**Paranaíba - MS**  
 Aparecida do Taboado

Inocência  
 Paranaíba  
 Selvíria  
**Paranatinga - MT**  
 Gaúcha do Norte  
 Nova Brasilândia  
 Paranatinga  
 Planalto da Serra  
**Parecis - MT**  
 Campo Novo do Parecis  
 Campos de Júlio  
 Comodoro

Diamantino  
 Sapezal  
**Pires do Rio - GO**  
 Cristianópolis  
 Gameleira de Goiás  
 Orizona  
 Palmelo  
 Pires do Rio  
 Santa Cruz de Goiás  
 São Miguel do Passa Quatro  
 Silvânia  
 Urutaí  
 Vianópolis  
**Porangatu - GO**  
 Alto Horizonte  
 Amaralina  
 Bonópolis  
 Campinaçu  
 Campinorte  
 Campos Verdes  
 Estrela do Norte  
 Formoso  
 Mara Rosa  
 Minaçu  
 Montividiu do Norte  
 Mutunópolis  
 Niquelândia  
 Nova Iguaçu de Goiás  
 Porangatu  
 Santa Tereza de Goiás  
 Santa Terezinha de Goiás  
 Trombas  
 Uruaçu  
**Porto Nacional - TO**  
 Aparecida do Rio Negro  
 Bom Jesus do Tocantins

Ipueiras  
 Lajeado  
 Monte do Carmo  
 Palmas  
 Pedro Afonso  
 Porto Nacional  
 Santa Maria do Tocantins  
 Silvanópolis  
 Tocantínia  
**Porto Velho - RO**  
 Buritis  
 Campo Novo de Rondônia



Candeias do Jamari  
 Cujubim  
 Itapuã do Oeste  
 Nova Mamoré  
 Porto Velho

**Primavera do Leste - MT**  
 Campo Verde  
 Primavera do Leste

**Quirinópolis - GO**  
 Cachoeira Alta  
 Caçu  
 Gouvelândia  
 Itajá  
 Itarumã  
 Lagoa Santa  
 Paranaiguara  
 Quirinópolis  
 São Simão

**Rio Formoso - TO**  
 Araguaçu  
 Chapada de Areia  
 Cristalândia  
 Dueré  
 Fátima  
 Formoso do Araguaia  
 Lagoa da Confusão  
 Nova Rosalândia  
 Oliveira de Fátima  
 Paraíso do Tocantins  
 Pium  
 Pugmil  
 Sandolândia

**Rio Vermelho - GO**  
 Araguapaz  
 Aruanã  
 Britânia  
 Faina  
 Goiás  
 Itapirapuã  
 Jussara  
 Matrinchã  
 Santa Fé de Goiás

**Rondonópolis - MT**  
 Dom Aquino  
 Itiquira  
 Jaciara  
 Juscimeira  
 Pedra Preta  
 Rondonópolis  
 São José do Povo

São Pedro da Cipa  
**Rosário Oeste - MT**  
 Acorizal  
 Jangada  
 Rosário Oeste

**São Miguel do Araguaia - GO**  
 Crixás  
 Mozarlândia  
 Mundo Novo  
 Nova Crixás  
 Novo Planalto  
 São Miguel do Araguaia  
 Uirapuru

**Sinop - MT**  
 Cláudia  
 Feliz Natal  
 Itaúba  
 Marcelândia  
 Nova Santa Helena  
 Santa Carmem  
 Sinop  
 União do Sul  
 Vera

**Sudoeste de Goiás - GO**  
 Aparecida do Rio Doce  
 Aporé  
 Caiapônia  
 Castelândia  
 Chapadão do Céu  
 Doverlândia  
 Jataí  
 Maurilândia  
 Mineiros  
 Montividiu  
 Palestina de Goiás  
 Perolândia  
 Portelândia  
 Rio Verde  
 Santa Helena de Goiás  
 Santa Rita do Araguaia  
 Santo Antônio da Barra  
 Serranópolis

**Tangará da Serra - MT**  
 Barra do Bugres  
 Denise  
 Nova Olímpia  
 Porto Estrela  
 Tangará da Serra

**Tesouro - MT**  
 Araguainha

General Carneiro  
 Guiratinga  
 Pontal do Araguaia  
 Ponte Branca  
 Poxoréo

Ribeirãozinho  
 Tesouro  
 Torixoréu

**Três Lagoas - MS**  
 Água Clara  
 Brasilândia  
 Ribas do Rio Pardo  
 Santa Rita do Pardo  
 Três Lagoas

**Vale do Rio dos Bois - GO**  
 Acreúna  
 Campestre de Goiás  
 Cezarina  
 Edealina  
 Edéia  
 Indiará  
 Jandaia  
 Palmeiras de Goiás  
 Palminópolis  
 Paraúna  
 São João da Paraúna  
 Turvelândia  
 Varjão

**Vão do Paranã - GO**  
 Alvorada do Norte  
 Buritinópolis  
 Damianópolis  
 Divinópolis de Goiás  
 Flores de Goiás  
 Guarani de Goiás  
 Iaciara  
 Mambaí  
 Posse  
 São Domingos  
 Simolândia  
 Sítio d'Abadia

**Vilhena - RO**  
 Chupinguaia  
 Parecis  
 Pimenta Bueno  
 Primavera de Rondônia  
 São Felipe d'Oeste  
 Vilhena



