

## 5 Formulação do modelo de programação

Neste capítulo é apresentado o modelo matemático de programação não linear de distribuição espacial e intertemporal que será utilizado para a análise da competitividade, assim como as fontes de informação que alimentaram o modelo.

### 5.1 Funções de oferta e demanda

Os modelos de distribuição requerem a estimação de funções de oferta e de demanda a nível regional. Quando o tempo é considerado no modelo, então essas funções deverão ser estimadas para cada período considerado.

Suponha que  $s$  e  $d$  denotam as regiões produtoras e consumidoras da soja, onde  $s = 1, 2, \dots, S$  e  $d = 1, 2, \dots, D$ . As funções de oferta e demanda são apresentadas pelas seguintes expressões lineares de preço:

Função de oferta:

$$X_{st} = \theta_{st} + \gamma_{st} P_{st} \quad \forall s, \text{ no período } t \quad (5.1.1)$$

Onde  $X_{st}$  é a quantidade ofertada na região  $s$  no período  $t$  e  $P_{st}$  o preço de oferta na região  $s$  no período  $t$ . Assume-se que o intercepto da curva de oferta ( $\theta_{st}$ ) pode ser maior, igual ou menor a zero, e a inclinação da curva de oferta ( $\gamma_{st}$ ) é maior que zero.

Função de demanda:

$$Y_{dt} = \alpha_{dt} + \beta_{dt} P_{dt} \quad \forall d, \text{ no período } t \quad (5.1.2)$$

Onde  $Y_{dt}$  e  $P_{dt}$  são a quantidade demandada e o preço ao consumidor na região  $d$  no período  $t$ . Assume-se que o intercepto da curva de demanda ( $\alpha_{dt}$ ) é maior que zero e a inclinação da curva de demanda ( $\beta_{dt}$ ) é menor que zero.

Assumindo que todas as funções de oferta e demanda são possíveis de serem invertidas, então as funções (5.1.1) e (5.1.2) podem ser rerepresentadas da seguinte forma:

$$P_{st} = v_{st} + \eta_{st} X_{st} \quad \text{para } \forall s, \text{ no período } t \quad (5.1.3)$$

$$P_{dt} = \lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt} \quad \text{para } \forall d, \text{ no período } t \quad (5.1.4)$$

Onde:  $v_{st} \{ >, =, < \} 0$ ,  $\eta_{st} > 0$ ,  $\lambda_{dt} > 0$  e  $\omega_{dt} < 0$ .

A função de oferta  $P_{st}$  é não negativa, diferenciável e não decrescente, enquanto que as quantidades produzidas são iguais ou maiores do que zero. A função de demanda  $P_{dt}$  é positiva, diferenciável e não crescente no intervalo onde as quantidades consumidas são iguais ou maiores do que zero.

A partir disto e como explicado no Subcapítulo 4.1, Samuelson (1952) mostrou que o equilíbrio de mercado é obtido por meio da maximização da função RSL (Receita Social Líquida), dada pela soma do excedente do produtor e do consumidor, menos o custo de transporte entre a região de produção e de consumo.

## 5.2 Inclinação e intercepto das funções de oferta e demanda

Seguindo os autores Alston et al. (1995) e Kawaguchi *et al.* (1997) *apud* Garcia (1999), as funções de oferta e demanda são obtidas baseado na elasticidade preço da oferta, na elasticidade preço da demanda, no preço ao produtor, no preço ao consumidor, na quantidade produzida e na quantidade consumida num período de tempo determinado. A inclinação e o intercepto das funções de oferta e demanda se obtém da seguinte maneira:

No caso da função demanda,  $Y_{dt} = \alpha_{dt} + \beta_{dt} P_{dt}$ , a inclinação  $\beta_{dt}$  é igual a:

$$\beta_{dt} = \varepsilon^{dt} \frac{Y_{dt}}{P_{dt}}$$

Onde  $\beta_{dt}$  é a inclinação da função de demanda na região  $d$  no período  $t$ ,  $\varepsilon^{dt}$  é a elasticidade preço de demanda da soja,  $Y_{dt}$  é o consumo da soja na região  $d$  no período  $t$  e  $P_{dt}$  é o preço de venda da soja na região  $d$  no período  $t$ . Como as elasticidades são conhecidas na literatura, a expressão anterior permite que se determine as inclinações  $\beta_{dt}$ . O intercepto da função de demanda na região  $d$  no

período  $t$  é obtida utilizando os valores da inclinação, da quantidade demandante e do preço ao consumidor da seguinte forma:

$$\alpha_{dt} = Y_{dt} - \beta_{dt} P_{dt}$$

Analogamente, no caso da função oferta tem-se:

$$\gamma_{st} = \varepsilon^{st} \frac{X_{st}}{P_{st}}$$

Onde  $\gamma_{st}$  é a inclinação da função oferta na região  $s$  no período  $t$ ,  $\varepsilon^{st}$  é a elasticidade preço de oferta da soja,  $X_{st}$  é a oferta da soja na região  $s$  no período  $t$  e  $P_{st}$  é o preço da soja na região  $s$  no período  $t$ . O intercepto da função oferta na região  $s$  no período  $t$  se obtém utilizando os valores da inclinação, da quantidade ofertante e do preço pago ao produtor da seguinte forma:

$$\theta_{st} = X_{st} - \gamma_{st} P_{st}$$

### 5.3

#### Funções de oferta e demanda da forma não linear

As funções de oferta e demanda podem ser generalizadas da forma abaixo, sendo  $a$ ,  $b$  números racionais maiores que zero. Os parâmetros  $a$  e  $b$  variam de acordo a cada região produtora e consumidora respectivamente.

Função de oferta

$$X_{st} = \theta_{st} + \gamma_{st} P_{st}^{a_{st}} \quad \forall s, \text{ no período } t \quad (5.3.1)$$

Função de demanda

$$Y_{dt} = \alpha_{dt} + \beta_{dt} P_{dt}^{b_{dt}} \quad \forall d, \text{ no período } t \quad (5.3.2)$$

Dado que  $\gamma_{st} > 0$  e  $\beta_{dt} < 0$ , tem-se de (5.3.1) e (5.3.2) que as funções de oferta e demanda podem ser representadas da seguinte forma:

$$P_{st} = (v_{st} + \eta_{st} X_{st})^{\frac{1}{a_{st}}} \quad \forall s, \text{ no período } t \quad (5.3.3)$$

$$P_{dt} = (\lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt})^{\frac{1}{b_{dt}}} \quad \forall d, \text{ no período } t \quad (5.3.4)$$

Onde:  $v_{st} \{>, =, <\}0$ ,  $\eta_{st} >0$ ,  $\lambda_{dt} >0$  e  $\omega_{dt} <0$ .

#### 5.4 Inclinação e intercepto das funções não lineares

A inclinação e o intercepto das funções oferta e demanda são obtidas a seguir.

No caso da função demanda:

$$Y_{dt} = \alpha_{dt} + \beta_{dt} P_{dt}^{b_{dt}} \quad (5.4.1)$$

A inclinação  $\beta_{dt}$  é igual a:

$$\beta_{dt} = \frac{1}{b_{dt}} \varepsilon^{dt} \frac{Y_{dt}}{P_{dt}^{b_{dt}}} \quad (5.4.2)$$

Onde  $\beta_{dt}$  é a inclinação da função demanda na região  $d$  no período  $t$ ,  $\varepsilon^{dt}$  é a elasticidade preço de venda da demanda da soja,  $Y_{dt}$  é o consumo da soja na região  $d$  no período  $t$  e  $P_{dt}^{b_{dt}}$  é o preço de venda da soja na região  $d$  no período  $t$ . O intercepto da função de demanda na região  $d$  no período  $t$  é obtido de (5.4.1) usando a inclinação calculada em (5.4.2).

$$\alpha_{dt} = Y_{dt} - \beta_{dt} P_{dt}^{b_{dt}} \quad (5.4.3)$$

No caso da função oferta:

$$X_{st} = \theta_{st} + \gamma_{st} P_{st}^{a_{st}} \quad \forall s, \text{ no período } t \quad (5.4.4)$$

A inclinação  $\gamma_{st}$  é dado por:

$$\gamma_{st} = \frac{1}{a_{st}} \varepsilon^{st} \frac{X_{st}}{P_{st}^{a_{st}}} \quad \forall s, \text{ no período } t \quad (5.4.5)$$

O intercepto da função oferta na região  $s$  no período  $t$  é obtido de (5.4.4) usando a inclinação calculada em (5.4.5).

$$\theta_{st} = X_{st} - \gamma_{st} P_{st}^{\alpha_{st}} \quad (5.4.6)$$

Quando  $\varepsilon^{st}$  é considerado como sendo elasticidade-preço de excedente de oferta e  $\varepsilon^{dt}$  é considerado como sendo elasticidade-preço de excedente de demanda, as funções determinadas por meio delas serão denominadas funções excesso de oferta e funções de excesso de demanda respectivamente (Anexo I).

## 5.5 Fluxograma do modelo multimodal, intertemporal com armazenagem

Segundo Bulhões e Caixeta Filho (1999, p.353), “A soja, à medida que é transportada, armazenada e processada, vai tendo seu preço alterado, sendo que os custos de transportes constituem a principal diferença entre os preços nas regiões de oferta e de demanda pelo grão”.

As características espaciais e temporais da produção e consumo da soja no Brasil determinam o emprego de um modelo de equilíbrio espacial e intertemporal que permite a movimentação da soja das regiões produtoras para as regiões de consumo.

Tais modelos supõem a existência de duas ou mais regiões que comercializam um bem homogêneo, neste caso a soja em grão. As regiões estão separadas pelos custos de transporte por tonelada, sendo estes custos independentes do volume, o que implica na inexistência de economias de escala. Os modelos consideram os custos de transporte e de armazenagem e que, para cada região, se conhecem as funções de oferta e demanda.

O objetivo do modelo de equilíbrio espacial é maximizar a função RSL usando a estrutura básica proposta por Takayama e Judge (1971), a qual tem origem no trabalho pioneiro de Samuelson (1952). As principais diferenças entre os modelos existentes na literatura e o proposto neste trabalho são:

- (a) As funções de oferta e demanda são não lineares;
- (b) A consideração da análise temporal;
- (c) O transporte intermodal;

- (d) Os pontos intermediários de carregamento; e
- (e) Os custos de armazenagem.

Ilustra-se, a seguir, o fluxograma que representa o modelo de movimentação de soja proposto (Figura 25).

Modelo Gráfico

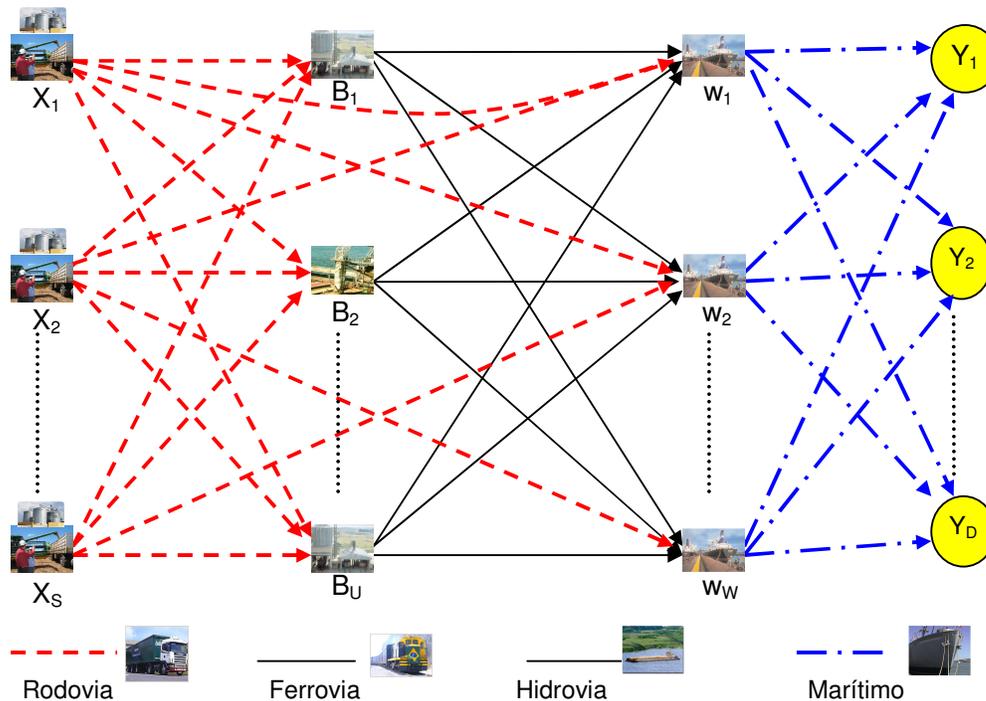


Figura 25 - Modelo gráfico de movimentação da soja.

De acordo com Takayama e Judge (1971) e Bivings (1997), um modelo de equilíbrio espacial e intertemporal é aquele cuja função objetivo, a função RSL, maximiza as áreas abaixo das curvas de demanda, menos as áreas abaixo das curvas da oferta, menos os custos de transporte e armazenagem.

## 5.6 Formulação do modelo

Os índices do modelo são:

$t$ : períodos, ( $t= 1,2,\dots,T$ );

$d$ : regiões consumidoras, ( $d= 1, 2,\dots,D$ );

$s$ : regiões produtoras, ( $s= 1, 2,\dots,S$ );

$u$ : pontos de transbordo, ( $u= 1,2,\dots,U$ );

$w$ : portos, ( $w = 1, 2, \dots, W$ );

$k$ : meio de transporte ( $k = c, f, h$ ), representando o transporte por caminhão, por ferrovia e por hidrovia respectivamente.

As variáveis e termos envolvidos são representados por:

$RSL$  = Receita Líquida Social;

$\lambda_{dt}$  = Coeficiente da equação de demanda  $d$  no período  $t$ ;

$\omega_{dt}$  = Coeficiente angular da equação de demanda  $d$  no período  $t$ ;

$\nu_{st}$  = Coeficiente da equação de oferta  $s$  no período  $t$ ;

$\eta_{st}$  = Coeficiente angular da equação de oferta  $s$  no período  $t$ ;

$Y_{dt}$  = Quantidade de soja em grão consumida na região  $d$  no período  $t$ ;

$X_{st}$  = Quantidade de soja em grão ofertada na região  $s$  no período  $s$  no período  $t$ ;

$C_{sut}^c$  = Custo de transporte da soja da região  $s$  ao ponto  $u$  por caminhão período  $t$ ;

$C_{uwt}^k$  = Custo de transporte da soja do ponto  $u$  ao porto  $w$  usando o meio  $k$  no período  $t$ ;

$C_{wdt}^m$  = Custo de transporte da soja do porto  $w$  às regiões consumidoras  $d$  por via marítima no período  $t$ ;

$X_{suwdt}^m$  = Quantidade da soja enviada do porto  $w$  à região  $d$  por via marítima no período  $t$ ;

$X_{sut}^c$  = Quantidade da soja enviada da região  $s$  ao ponto  $u$  por caminhão período  $t$ ;

$X_{suwt}^k$  = Quantidade da soja enviada da zona produtora  $s$  ao ponto  $u$  ao porto  $w$  no período  $t$  usando o meio  $k$ ;

$X_{suwdt}^m$  = Quantidade da soja enviada dos pontos  $s$ ,  $u$  e  $w$  ao ponto  $d$  por via marítima, no período  $t$ ;

$C_{st,t+1}^{AR}$  = Custo unitário de armazenamento da soja na região  $s$  do período  $t$ ;

$X_{st}^{AR}$  = Quantidade da soja armazenada na região  $s$  do período  $t$ ;

$C_{ut}^{TU}$  = Custo de transbordo no ponto intermediário  $u$  do período  $t$ ;

$C_{wt}^{TW}$  = Custo de transbordo no porto  $w$  do período  $t$ ;

$CAP_{st,t+1}$  = Capacidade de armazenagem.

O modelo consiste na função objetivo (5.6.1) e restrições (5.6.2) a (5.6.7). A função objetivo considera a função RSL a qual se encontra justificada logo após a representação do modelo, o mesmo ocorrendo com as restrições.

$$\begin{aligned}
 MAX \ RSL = & \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \left[ \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} (\lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt})^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} - \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} \cdot \lambda_{dt}^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} \right] \\
 & - \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \left[ \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} (v_{st} + \eta_{st} X_{st})^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} - \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} \cdot v_{st}^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} \right] \\
 & - \sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (C_{sut}^c * X_{sut}^c + C_{ut}^{TU} * X_{sut}^c) \\
 & - \sum_{t=1}^T \sum_{w=1}^W \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S \left[ (C_{uwt}^c X_{suwt}^c + C_{wt}^{TW} X_{suwt}^c) + (C_{uwt}^f X_{suwt}^f + C_{wt}^{TW} X_{sbwt}^f) \right] \\
 & \quad + (C_{bwt}^h X_{sbwt}^h + C_{wt}^{TW} X_{sbwt}^h) \\
 & - \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \sum_{w=1}^W \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (C_{wdt}^m X_{suwdt}^m) \\
 & - \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S (C_{st,t+1}^{AR} X_{st,t+1}^{AR}) \tag{5.6.1}
 \end{aligned}$$

sujeito a :

$$Y_{dt} \leq \sum_{w=1}^W \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S X_{suwdt}^m ; \quad \forall d, t \tag{5.6.2}$$

$$\sum_{u=1}^U X_{sut}^c + X_{st,t+1}^{AR} \leq X_{st} + X_{st-1,t}^{AR} ; \quad \forall s, t \tag{5.6.3}$$

$$\sum_{w=1}^W (X_{suwt}^c + X_{suwt}^f + X_{suwt}^h) \leq X_{sut}^c ; \quad \forall s, u, t \tag{5.6.4}$$

$$\sum_{d=1}^D X_{suwdt}^m \leq (X_{suwt}^c + X_{suwt}^f + X_{suwt}^h) ; \quad \forall s, u, w, t \tag{5.6.5}$$

$$X_{st,t+1}^{AR} \leq CAP_{st,t+1} \quad \forall s, t \tag{5.6.6}$$

$$Y_{dt}, X_{st}, X_{sut}^c, X_{suwt}^c, X_{suwt}^f, X_{suwt}^h, X_{suwdt}^m, X_{st,t+1}^{AR} \geq 0 \tag{5.6.7}$$

A função objetivo (5.6.1), maximização da Receita Social Líquida, deve ser interpretada como o excesso de demanda menos excesso de oferta, menos os custos de transporte, os custos de transbordo e armazenagem.

A seguir apresenta-se a interpretação da função objetivo por suas partes:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \left[ \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} (\lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt})^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} - \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} \cdot \lambda_{dt}^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} \right]$$

É obtida calculando a integral da função de demanda dada em (5.3.4) de zero até  $Y_{dt}$ , onde  $Y_{dt}$  é a quantidade demandada da região  $d$  no período  $t$  ao preço  $P_{dt}$ . De fato:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \int_0^{Y_{dt}} (\lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt})^{\frac{1}{b_{dt}}} dY_{dt} \\ &= \sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \left[ \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} (\lambda_{dt} + \omega_{dt} Y_{dt})^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} - \frac{1}{\omega_{dt}} \cdot \frac{b_{dt}}{b_{dt}+1} \cdot \lambda_{dt}^{\frac{b_{dt}+1}{b_{dt}}} \right] \end{aligned}$$

Também, integrando a função oferta dada em (5.3.3) de zero até  $X_{st}$  obtém-se:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \int_0^{X_{st}} (v_{st} + \eta_{st} X_{st})^{\frac{1}{a_{st}}} dX_{st} \\ &= \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \left[ \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} (v_{st} + \eta_{st} X_{st})^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} - \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} \cdot v_{st}^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} \right] \text{ quando } v_{st} > 0; \\ &= \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \left[ \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} (\eta_{st} X_{st})^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} \right] \text{ quando } v_{st} = 0; \\ &= \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S \left[ \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} (v_{st} + \eta_{st} X_{st})^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} - \frac{1}{\eta_{st}} \cdot \frac{a_{st}}{a_{st}+1} \cdot (v_{st} + \eta_{st} \theta_{st})^{\frac{a_{st}+1}{a_{st}}} \right]; v_{st} < 0; \end{aligned}$$

O modelo proposto vai optar pelo primeiro caso, em que  $v_{st} > 0$ .

Os custos de transporte devem-se deduzir considerando quatro modos de transporte: rodoviário, ferroviário, hidroviário e marítimo. O somatório do total dos custos de transporte das regiões produtoras aos pontos intermediários, menos os custos de transbordo é dado por:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (C_{sut}^c * X_{sut}^c + C_{ut}^{TU} * X_{sut}^c)$$

Onde  $X_{sut}^c$  é a quantidade da soja transferida da região  $s$  ao ponto intermediário  $u$  por caminhão no período  $t$  e  $C_{sut}^c$  o custo de transporte da região  $s$  ao ponto intermediário  $u$  no período  $t$  por caminhão.

O somatório total dos custos de transporte dos pontos intermediários aos portos é expressa da seguinte forma:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{w=1}^W \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S \left[ (C_{uwt}^c X_{suwt}^c + C_{wt}^{TW} X_{suwt}^c) + (C_{uwt}^f X_{suwt}^f + C_{wt}^{TW} X_{suwt}^f) \right] + (C_{uwt}^h X_{suwt}^h + C_{wt}^{TW} X_{suwt}^h)$$

Onde,  $X_{suwt}^c$ ,  $X_{suwt}^f$  e  $X_{suwt}^h$  são os fluxos de movimentação, através de cada modal, da soja em grão;  $C_{uwt}^c$ ,  $C_{uwt}^f$ ,  $C_{uwt}^h$  são os custos de transporte dos pontos intermediários até os portos e  $C_{wt}^{TW}$  é o custo de transbordo no porto.

O somatório dos custos de transporte dos portos ( $w$ ) até os consumidores ( $d$ ), é definido por:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{d=1}^D \sum_{w=1}^W \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (C_{wdt}^m X_{suwdt}^m)$$

Onde  $X_{suwdt}^m$  é o fluxo de movimentação da soja em grão no tempo  $t$ , e  $C_{wdt}^m$  é o custo de transporte da soja em grão das regiões portuárias até as regiões consumidoras no período  $t$ .

Os custos de armazenamento são obtidos multiplicando a quantidade armazenada pelo custo unitário de armazenamento. A totalidade dos custos de armazenamento é:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S (C_{st,t+1}^{AR} X_{st,t+1}^{AR})$$

Onde  $C_{st,t+1}^{AR}$  é o preço unitário que se incorre para armazenar uma unidade da soja na região  $s$  do período  $t$  ao  $t+1$ . A variável  $X_{st,t+1}^{AR}$  corresponde às quantidades do período  $t$  ao  $t+1$  na região produtora.

As restrições (5.6.2) a (5.6.7) têm as interpretações discutidas abaixo:

- (5.6.2) Esta restrição supõe que a quantidade consumida da soja para cada região e para cada período é menor, ou igual, às quantidades transportadas para a referida região de demanda.
- (5.6.3) Esta restrição estabelece que a produção da soja, em cada uma das regiões produtoras  $s$  no período  $t$ , mais os inventários armazenados em  $s$  do período  $t-1$  ao  $t$  deverá ser maior, ou igual, à quantidade transportada da soja por caminhão desta região produtora para todas as regiões intermediárias  $u$  no período  $t$  mais os inventários armazenados em  $s$  do  $t$  ao  $t+1$ ;
- (5.6.4) Restrições dos pontos de transbordo  $u$  para os portos  $w$ , tal que as quantidades transportadas para cada região devem ser menores ou iguais às quantidades recebidas, por diferentes modais de transporte, no porto  $w$ , para todos os períodos  $t$ ;
- (5.6.5) Restrições dos pontos portuários para a demanda, o transporte de grãos dos portos para a demanda devem ser menores ou iguais às quantidades recebidas em cada região de demanda para cada período  $t$ ;
- (5.6.6) Restrição de capacidade de armazenagem para cada região produtora são dadas de acordo com suas capacidades reais;
- (5.6.7) Restrições de não negatividade.

Não foram consideradas restrições de capacidade dos modais, dado que: no modal rodoviário, entrevistas feitas com os agentes de transporte não mostraram limitações em relação às quantidades a serem transportadas; no modal ferroviário a Ferrovia Norte Sul foi projetada para transportar 15 milhões de toneladas por ano (Brasil, 2002) e estima-se que em 2006 (Góes, 2006) deve movimentar 2 milhões de toneladas e finalmente no modal hidroviário se observa que a Hidrovia Tietê-Paraná, por exemplo, transportou 3,95 milhões de toneladas no ano 2005 (Volume..., 2007).

Observa-se que o modelo desenvolvido poderá contemplar a inclusão de limitações de capacidade dos diversos modais dado que as quantidades a serem exportadas podem se distribuir simultaneamente.

## 5.7 Fontes de informação para o ano 2005

A escolha do ano de 2005 para análise, se deu em razão de ser este ano mais recente para o qual se dispunha do maior conjunto de informações necessárias para o estudo dessa natureza no momento da definição da pesquisa. A seguir apresenta-se a seqüência da especificação dos dados:

- I. Identificação e escolha das regiões potenciais de oferta e demanda de soja, partindo-se do alcance de um dos objetivos específicos deste trabalho, competitividade dos Estados de Tocantins em relação aos estados de Maranhão e Piauí. Neste estudo foi analisado o comportamento dos últimos anos de algumas variáveis como produção, rendimento médio, área cultivada, exportações, capacidade instalada de processamento e infra-estrutura de transporte.

A Tabela 16 mostra o panorama da safra da soja dos Estados de Tocantins, Maranhão e Piauí, no ano de 2004 e 2005.

Tabela 16 - Safra Tocantinense, Maranhense e Piauiense de soja em grãos

Estados	Área (ha)			Produção (ton)			Rendimento (kg/ha)		
	2004	2005	$\Delta$ (%)	2004	2005	$\Delta$ (%)	2004	2005	$\Delta$ (%)
Tocantins	253466	355300	40,2	652322	905328	38,8	2,573	2,548	-1,0
Maranhão	340403	372074	9,3	903998	996909	10,3	2,655	2,679	0,9
Piauí	155781	198547	27,4	388193	559545	44,1	2,491	2,818	13,1

Fonte: IBGE (2007).

- II. Zoneamento das regiões de oferta e demanda, tendo como referência o ano em que se dispõe, com dados recentes, de uma matriz origem/destino. A matriz origem/destino mais atual, que se tem conhecimento para a soja foi elaborada em 1997 pelo GEIPOT, com dados referentes ao ano de 1995 para as rotas principais de escoamento do produto.

As Figuras 26, 27 e 28 ilustram os corredores estratégicos de desenvolvimento para os Estados do Tocantins, Maranhão e Piauí.

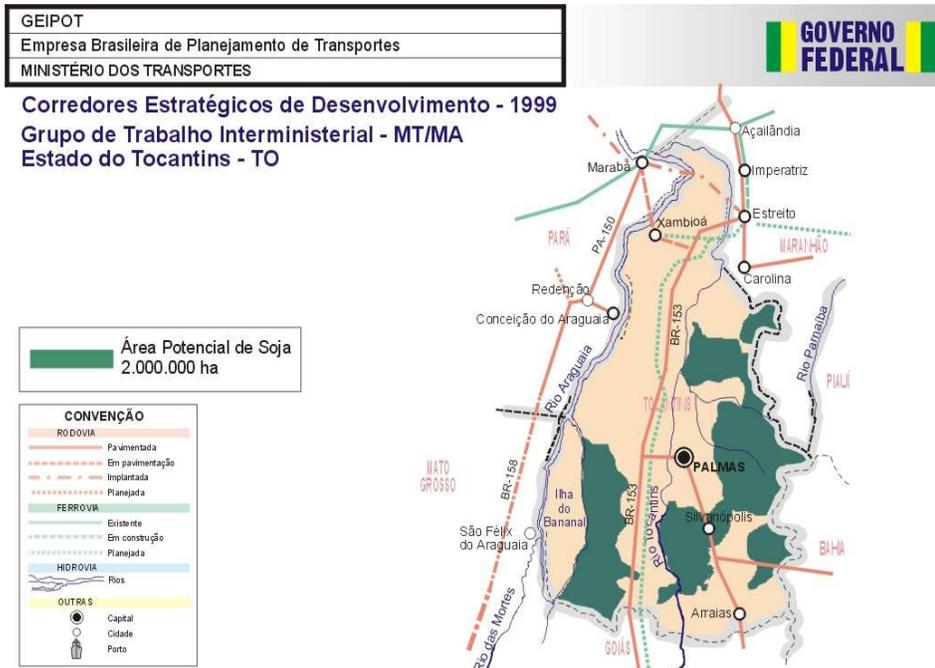


Figura 26 - Corredor Estratégico de Desenvolvimento do Estado do Tocantins.  
 Fonte: GEIPOP (1999).

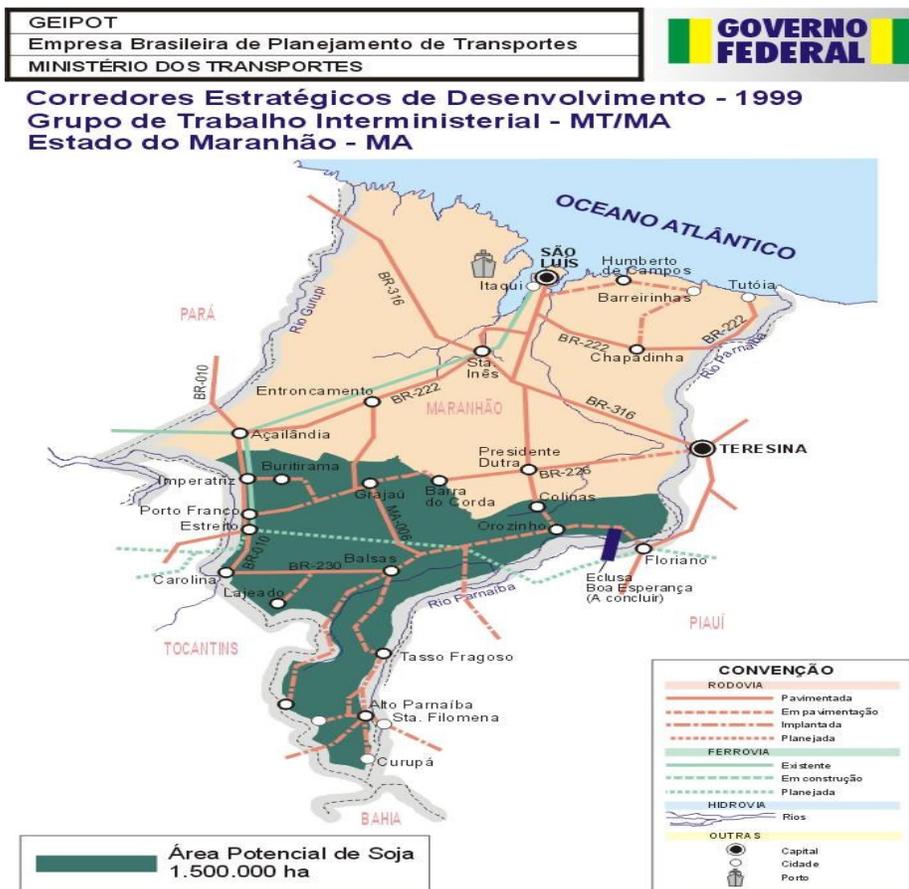


Figura 27 - Corredor Estratégico de Desenvolvimento do Estado do Maranhão.  
 Fonte: GEIPOP (1999).

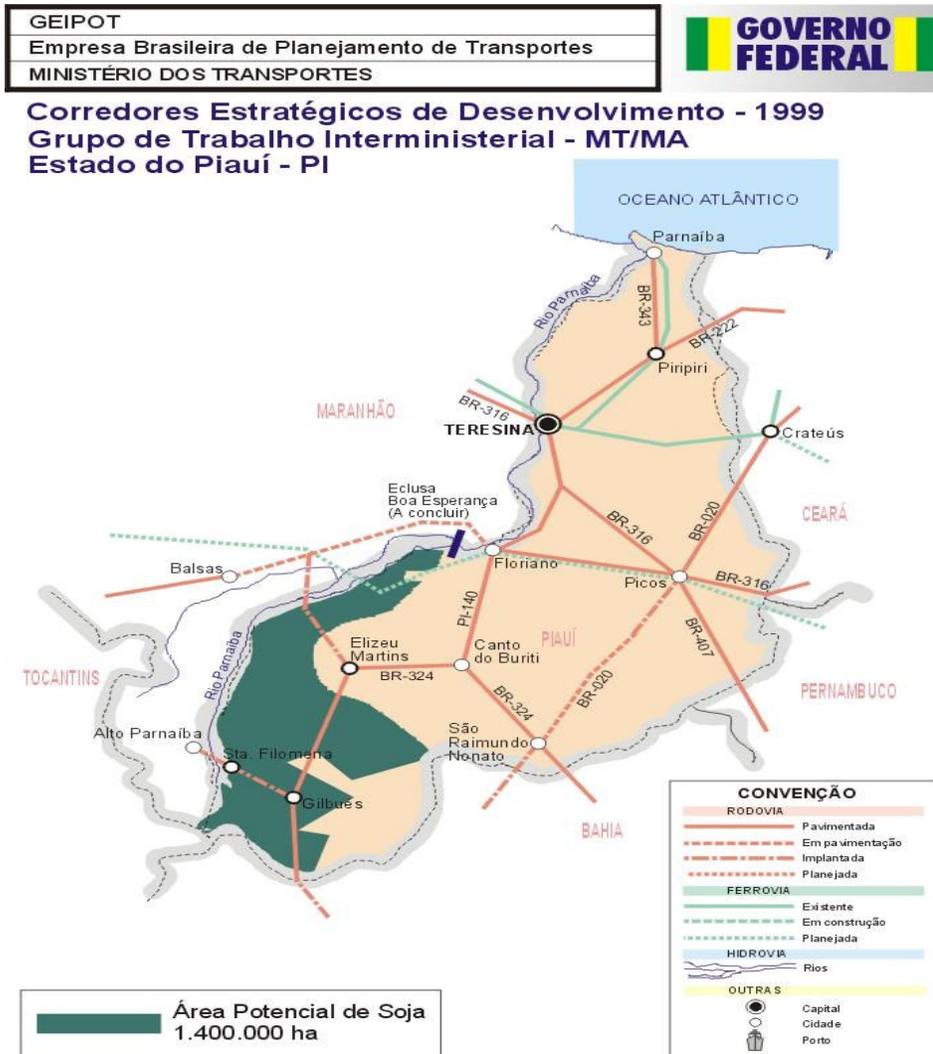


Figura 28 - Corredor Estratégico de Desenvolvimento do Estado do Piauí.  
Fonte: GEIPOP (1999).

III. Inclusão, no zoneamento, do levantamento da quantidade exportada e importadas de soja por região, quantidade de soja transportada entre as regiões, rotas utilizadas para a movimentação da soja, distância entre as regiões, custos de transportes, custos de armazenamento, preço de equilíbrio nas regiões de oferta e demanda de soja e elasticidades preço de oferta e demanda da soja (Anexo II).

- a. As quantidades exportadas e importadas de soja foram obtidas da SECEX (2006); as quantidades produzidas do IBGE (2006) e as quantidades consumidas da Conab (2006);

- b. As rotas utilizadas para a movimentação de soja foram obtidas do GEIPOT (2001) e pesquisa direta com os produtores de soja nos estados de Tocantins, Maranhão e Piauí;
- c. As distâncias foram levantadas através da situação existente, a partir da matriz de origem/destino representativa dos principais fluxos de transporte utilizada pelo GEIPOT (2001) com o auxílio da revista Quatro Rodas (2006);
- d. Os custos de transporte, dos modais rodoviário e ferroviário, entre os pólos produtores e consumidores/exportadores de soja foram estimados pelos modelos lineares, considerando as distâncias entre os pontos de carregamento e os de recepção (origem/destino). O comportamento dos custos dos modais foi qualificado pela regressão de um banco de dados de fretes praticados em determinado ano (Ojima, 2004). A fonte foi obtida no Sistema de Informações de Fretes SIFRECA (via e-mail) e dos agentes de transporte entrevistados.
- e. Os custos de armazenamento para os produtores, que incluem manobras de entrada e saída, foram estimados de acordo com Conab (2006);
- f. Os preços da soja em grão para cada Estado foram analisados utilizando-se uma média dos preços das cotações do ano 2005, segundo a Conab do Maranhão (2006), a Secretaria de Agricultura do Tocantins (2006), e a Conab do Piauí (2006). Foi utilizado também o preço FOB no porto do Itaquí (MA) (SECEX, 2007) para caracterizar os preços das regiões importadoras. Ambos os preços foram analisados para os dois semestres do ano de 2005.
- g. As elasticidades-preço de oferta e demanda foram calculadas a partir do trabalho de Fuller *et al.* (2000), que estimou as elasticidades para vários estados brasileiros. No caso dos Estados objetos deste estudo, as elasticidades foram estimadas a partir do mencionado estudo.