



AVALIAÇÃO DA DEMANDA POR BIODIESEL EM FUNÇÃO DE UM MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA POR DIESEL

BIODIESEL FORECAST EVALUATION USING A FORECASTING MODEL BASED IN DIESEL DEMAND.

Breno Barros Telles do Carmo

Mestrando em Engenharia de Transportes
DET - Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Tecnologia, Campus do Pici - Bloco 703
CEP.: 60455-760 Fortaleza, CE Fone/Fax: (85) 3366-9488
brenotelles@det.ufc.br

Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes

Professor Assistente
Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção
Universidade Federal do Ceará (UFC)
hjaguaribe@ufc.br

Marcos Ronaldo Albertin

Professor Adjunto
Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção
Universidade Federal do Ceará (UFC)
albertin@ufc.br

Júlio Francisco Barros Neto

Professor Adjunto
Departamento de Estatística e Matemática Aplicada
Universidade Federal do Ceará (UFC)
jfbarros@ufc.br

Nadja Glheuca da Silva Dutra

Professora Adjunta
Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará (UFC)
nadja@det.ufc.br

RESUMO

Observa-se uma crescente preocupação mundial com a produção de energias mais limpas. Uma destas é o biodiesel, que está sendo adicionado ao diesel para comercialização no Brasil. O presente artigo busca fazer uma análise da demanda por biodiesel em função do consumo de diesel, identificando qual a capacidade de produção para qual o país está se preparando. Para tanto, foi adotado um modelo de previsão de demanda não-paramétrico para a produção de diesel, que serviu de base para fazer a previsão para o biodiesel. Observa-se que o país está preparado para suprir uma demanda superior a exigida e possui estimativas de crescimento



que atinge ao B10 (mistura de 10% de biodiesel ao diesel comercializado no Brasil). Observou-se também que a maior parte da capacidade produtiva está presente na região centro-oeste. Por último, foi observado que o grande gargalo para a produção dos biocombustíveis é a falta de disponibilidade de matéria-prima.

Palavras-chave: Biodiesel; Previsão de demanda; Diesel; Capacidade de Produção; Gargalo.

ABSTRACT

It is observed that the biodiesel demand is increasing. In Brazil, biodiesel must be mixed with diesel to be sold. This paper analysis the biodiesel demand using diesel consumption in Brazil. It was identified too, the productive capacity. To do all this, it was used a forecast model based in diesel consumption. It was concluded that Brazil is prepared to supply a demand bigger than the necessity. This capacity get the B10 (10% mixed biodiesel in diesel in Brazil). It was observed too that this capacity is located in all regions, but the biggest one is the center-west region. The biggest restriction is the raw-material existence.

Key-words: Biodiesel; Forecasting; Diesel; Production Capacity; Restriction.

1. Introdução

Observa-se atualmente uma preocupação mundial na produção e consumo de energias mais limpas. Isto vale para a produção e consumo de combustíveis como o diesel, que possui grande capacidade de emissão de poluentes tóxicos. Para a substituição deste tipo de combustível, surgiu o biodiesel, que é produzido por intermédio de óleos vegetais ou sebo bovino, o que lhe confere um caráter renovável.

O governo brasileiro vem definindo leis para o diesel vendido no Brasil, onde parte do mesmo deve ser adicionada de biodiesel. Nessa mistura vem a proporção de biodiesel e observam-se estimativas futura de B5 (mistura de 5% de biodiesel ao diesel) já para 2013, meta que tem grande possibilidade de ser adiantada. Assim, surgiu o questionamento do presente artigo: será que o Brasil está preparado para suprir esta demanda?

Este artigo aborda os estudos realizados para a avaliação da demanda por biodiesel e como a indústria nacional está preparada para atendê-la, do ponto de vista de capacidade instalada. Não foi levada em consideração a disponibilidade de matéria-prima neste estudo.

O Brasil consumiu cerca de 40,175 milhões de metros cúbicos de óleo diesel e registrou um aumento crescente nas importações de 42,5% no período de 1992 a 2001, criando a oportunidade de utilização de outras fontes de energia da biomassa para produção de combustíveis alternativos, como forma de economia de divisas e equilíbrio na balança comercial (CEPLAC, 2008).



O Brasil determinou a utilização de biodiesel misturado ao diesel para incentivar a produção nacional de matéria-prima através da agricultura familiar e reduzir a dependência por óleo diesel importado.

Assim, aproveitar este nicho de mercado pode ser considerado estratégico, a fim de reduzir a necessidade por diesel externo. Além deste ponto, a produção de biodiesel pode promover a inclusão social no campo brasileiro, com a adoção de matérias-prima para esta indústria advindas da agricultura familiar.

Logo, definir o quanto de biodiesel é necessário para atender à demanda interna é vital para este negócio, pois a exportação deste combustível ainda é proibida e, caso o mercado não absorva toda esta produção, o negócio pode se tornar inviável. Por outro lado, se a demanda interna for maior que a capacidade produtiva e a exportação for permitida, pode haver um desabastecimento interno devido aos valores praticados no mercado externo.

Para fazer a estimativa de consumo de biodiesel, utilizou-se um modelo de previsão de demanda não-paramétrico para as vendas de diesel, pois o mesmo deve ser comercializado acrescido de um percentual de biodiesel, definido por lei. Atualmente, o percentual fixado está em 3%. Brasilbio (2007) entende que muito provavelmente, deverá haver um adiantamento das metas de uso do B5 que, por lei, estão estabelecidos para janeiro de 2013 e agora, será possível para janeiro de 2010.

A estrutura do trabalho se inicia com as considerações acerca da cadeia produtiva do biodiesel, seguindo com os modelos de previsão. Em seguida, é apresentado o modelo adotado no estudo e quais os resultados encontrados.

2. A Cadeia Produtiva do Biodiesel

Holanda (2006) define o Biodiesel como sendo a denominação genérica para combustíveis e aditivos provenientes de fontes renováveis de energia, como as plantas oleaginosas. Dentre as principais matérias-primas (MP) para a produção do biodiesel encontram-se: óleos vegetais, gordura animal e óleos e gorduras residuais, como o óleo de cozinha usado. Como exemplo de óleos vegetais pode-se citar o babaçu, a soja, a palma, o pinhão-manso e a mamona. Dentre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros.



Vale ser ressaltado que o biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo verde para o óleo diesel, pois ele substitui o enxofre, garantindo a lubricidade do óleo diesel e diminui o impacto ambiental (HOLANDA, 2006).

A Cadeia Produtiva do Biodiesel (CPB) está em fase inicial de desenvolvimento no Brasil e conta com o desenvolvimento tecnológico pioneiro na Universidade Federal do Ceará (UFC) e em outras instituições de ensino superior brasileiras e estrangeiras, com destaque para as pesquisas realizadas em Universidades alemãs. A sua expansão e desenvolvimento está influenciando positivamente o desenvolvimento da Região Nordeste (CARMO, 2007).

A Figura 1 ilustra o funcionamento da CPB. Esta seqüência de atividades culmina no produto final: o biodiesel. Como subprodutos desta cadeia têm-se o farelo de oleaginosa e a glicerina, que podem servir de matéria-prima para outras cadeias produtivas de centenas de produtos.

Cada caixa ilustra um elo desta rede, na qual é identificada a atividade realizada. Estas atividades são interligadas, formando a cadeia.

Na Figura 1, a CPB foi dividida em duas partes: a cadeia principal e a cadeia secundária. Na parte superior desta figura, pode-se observar a cadeia principal ou primária, onde ocorre a transformação da matéria-prima em biodiesel e subprodutos. Na inferior, tem-se a cadeia secundária ou auxiliar, onde estão alocados os elos que apóiam esta transformação. Nesta parte da CP, estão inclusas todas as atividades que dão suporte à cadeia primária. É importante considerar a cadeia auxiliar, pois ela contribui para o desempenho produtivo e econômico dos processos de transformação e, muitas vezes, criam os diferenciais competitivos destes processos (ALBERTIN, 2003).

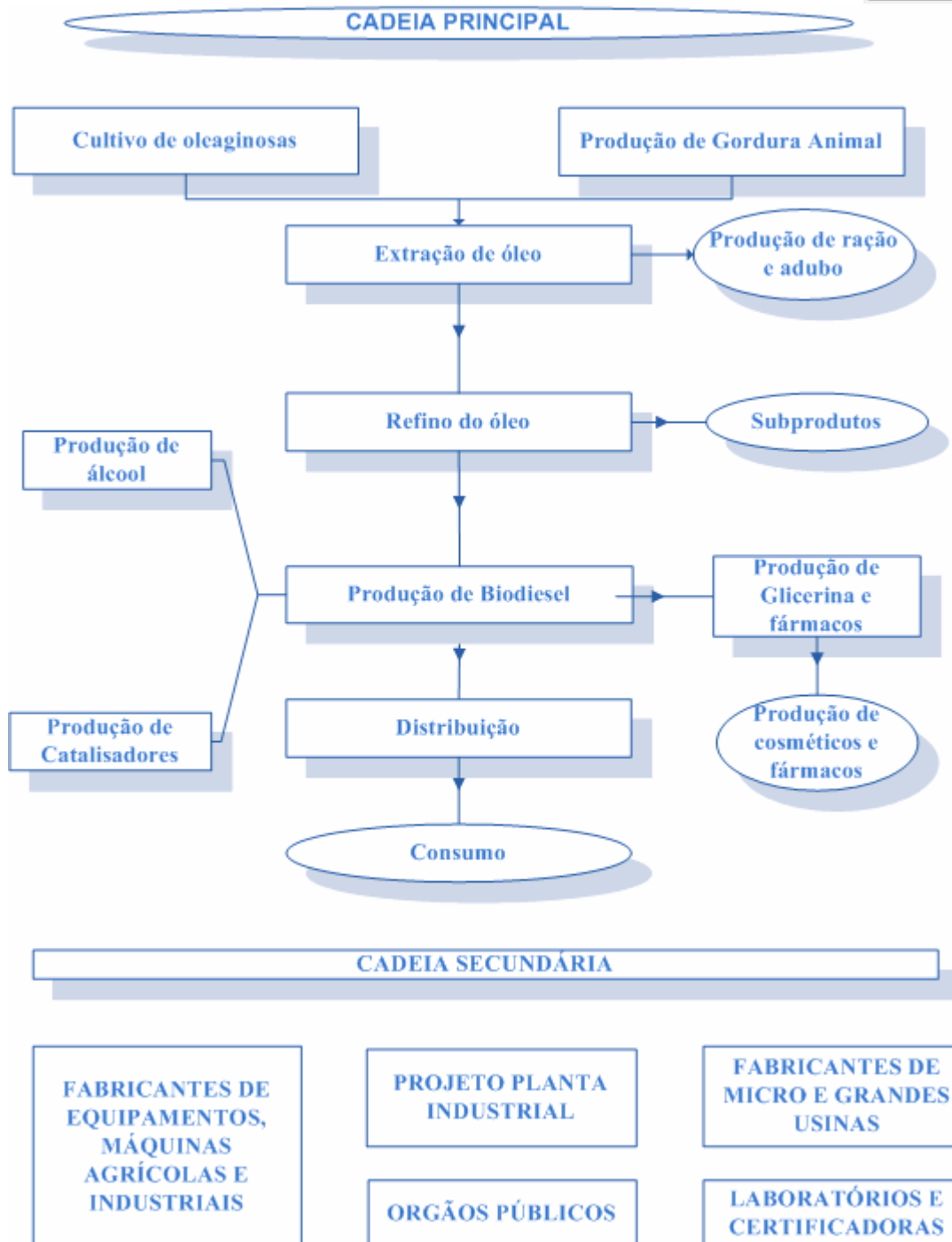


FIGURA 1: Cadeia produtiva do biodiesel
Fonte: CARMO , 2007.

Assim, observa-se que o objetivo final desta cadeia é a disponibilização de biodiesel para o mercado. Porém, para que se possa organizar este setor produtivo, faz-se necessário o entendimento da demanda por biodiesel no mercado (CARMO, 2008).

Em seguida, são apresentados alguns modelos de previsão de demanda e o que foi utilizado para o desenvolvimento desse trabalho. Em seguida, busca-se entender como se



comporta a demanda por biodiesel no mercado nacional. Neste estudo, não foi avaliada a demanda por biodiesel externa, pois a mesma ainda não pode ser suprida pela produção nacional.

3. Previsão de Demanda

O planejamento de produção é baseado em três conceitos básicos que, a partir dos quais, é possível fazer um planejamento e controle da produção. São eles: previsão de demanda, verificação da capacidade de produção e controle de estoques.

Tubino (2007) entende que a demanda consiste na disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização. Nem sempre as vendas equivalem à demanda efetiva de um produto. Assim, a previsão de demanda serve para orientar a alocação dos recursos de produção ao longo de determinado período de tempo, fazendo com que o gestor do processo produtivo possa reservar capacidade em suas operações para viabilizar o atendimento às necessidades do consumidor. Podem ser usadas também para elaborar os planos estratégicos de produção definindo que família de produtos e serviços oferecer ao mercado, de que instalações e equipamentos dispor e que qualificação de mão-de-obra buscar (TUBINO, 2007).

Segundo Chopra e Meindl (2003) a previsão da demanda futura é a base para todas as decisões estratégicas e de planejamento em uma cadeia de suprimento. Stevenson (2001) entende que as previsões ajudam a reduzir parte das incertezas permitindo-lhes desenvolver planos mais realistas. Uma previsão é uma declaração sobre o futuro. Chase *et al.* (2006) afirmam que as previsões são vitais para todas as organizações e para cada decisão administrativa significativa. É a base para o planejamento de longo prazo.

Para a realização de um modelo de previsão, são necessários que sejam seguidos alguns passos, ilustrados na Figura 2. Na primeira etapa, são necessários que sejam definidos os objetivos do modelo de previsão e qual a utilidade do mesmo. Em seguida, é preciso averiguar qual a disponibilidade de dados, onde deve ser identificada uma série histórica que servirá de base no modelo de previsão. Deve-se cuidar, não só na coleta das informações, mas também na escolha da técnica, estabelecendo uma prática racional para identificar, dentre os métodos já propostos, o mais adequado ao caso (BALLOU, 2005).

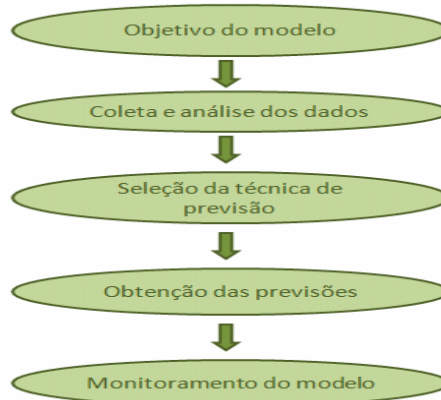


FIGURA 2: Etapas de um modelo de previsão
Fonte: Adaptado de TUBINO, 2007.

Assim, a escolha do modelo de previsão se dá em função dos dados coletados. Quando se obtém uma série histórica da produção do produto em questão, utilizam-se modelos baseados em séries temporais. Quando não se possui um histórico dos dados, podem-se utilizar modelos baseados em correlação, onde os dados que são levados em consideração são de uma variável independente, na qual a previsão ficará baseada. Com o modelo escolhido, obtém-se as previsões, que devem ser monitoradas a fim de reduzir os erros na previsão.

Existem diversas técnicas que podem se utilizadas para a realização da previsão. De acordo com Bowersox e Closs (2001) essas técnicas consistem em cálculos matemáticos ou estatísticos usados para transformar parâmetros numéricos de dados históricos em quantidades previstas. A Figura 3 mostra o processo de elaboração de uma previsão de demanda e seus clientes. Pela Figura, pode-se observar que este processo se baseia em histórico de vendas dos produtos ou de outros produtos que tenham relação com o produto comercializado com a empresa. Estes dados históricos são trabalhados através de técnicas e os resultados obtidos são utilizados por diversos setores da empresa.

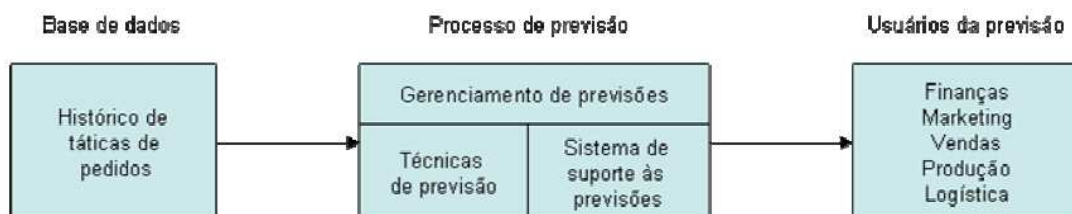


Figura 3: Modelo de previsão de demanda
Fonte: Bowersox Closs, 2001.



Estes modelos de previsão são mais detalhados no tópico a seguir.

3.1 Modelos de Previsão de Demanda

Existem variadas técnicas de previsão de demanda, que podem ser quantitativas ou qualitativas. Previsões de demanda são elaboradas utilizando métodos quantitativos, qualitativos ou combinações de ambos (PELLEGRINI e FOGLIATTO, 2009).

Mesquita (2009) e Tubino (2007) entendem que as técnicas qualitativas caracterizam-se por privilegiar dados qualitativos, são baseadas em opiniões e julgamento de pessoas-chave, usadas quando não se tem tempo para pesquisar dados ou introdução de um novo produto e quando se tem um panorama econômico instável. As principais técnicas são:

- **Predição:** que, na verdade, não se trata de um método científico, mas sim de um processo para a determinação de um acontecimento futuro com base em dados completamente subjetivos, de natureza altamente duvidosa;
- **Opiniões de Executivos:** São previsões baseadas no julgamento e opinião de um pequeno grupo de executivos de alto nível, geralmente ligados às áreas comercial, financeira e de produção. É preciso cuidar para que a previsão não seja mais uma vez confundida com meta de vendas ou de faturamento a ser alcançado;
- **Método Delphi:** São previsões baseadas em participantes pré-escolhidos, através da aplicação de um questionário, onde os resultados são sumarizados. Este procedimento é realizado diversas vezes a fim de se refinar as informações coletadas.

Já as técnicas quantitativas caracterizam-se por serem baseadas numa análise numérica de dados passados, modelos matemáticos para projeção de demanda futura e podem ser subdivididas em dois grupos principais (TUBINO, 2007):

- **Modelos de Decomposição de Séries Temporais:** Estes modelos são amplamente utilizados e se baseiam no estudo da demanda acontecida no passado para projetar a demanda futura.
- **Modelos de Correlação e Regressão:** Associação de dados históricos do produto com uma ou mais variáveis que tenham alguma relação com a demanda do produto, estabelecendo uma equação que identifique o efeito da variável de previsão sobre a demanda do produto em análise.



Nos modelos de decomposição em séries temporais, leva-se em consideração o nível da demanda, que traduz um patamar do volume de vendas da série temporal das demandas passadas, desconsiderando variações de sazonalidade e variações aleatórias; a tendência, onde os dados históricos, representados pela demanda ocorrida em cada período, podem apresentar um movimento crescente, estabilizado ou decrescente; e a sazonalidade, que representa um padrão de variação que se repete com o passar do tempo, podendo ser interpretado e previsto (TUBINO, 2007 e CHASE *et al.*, 2006).

Normalmente, os modelos baseados em séries temporais são mais amplamente utilizados e possuem uma probabilidade de erro reduzida, se comparado aos modelos de correlação e às técnicas qualitativas.

3.1.1 Modelos baseados em séries temporais

Dentro dos modelos baseados em séries temporais, existem diversas técnicas, que podem ser divididas em três grupos: técnicas para previsão da média, técnicas para previsão de tendência e as técnicas para previsão da sazonalidade (TUBINO, 2007).

Os primeiros modelos são os que fazem a previsão de média, classificadas em média móvel simples, média móvel ponderada e média móvel exponencial.

A primeira usa dados de um número predeterminado de períodos, normalmente os mais recentes, para realizar a previsão. Ela consiste na média aritmética dos n últimos períodos da demanda observada. É importante observar que, quanto maior o valor de n , maior será a influência das demandas mais antigas sobre a previsão. Por isso, na prática, muitas vezes se realiza o cálculo da média móvel simples incluindo apenas os três últimos períodos (TUBINO, 2007). A Equação 1 ilustra este modelo.

$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3} + \dots + D_{t-n}}{n} \quad (1)$$

A grande vantagem de se utilizar este método é sua simplicidade operacional e facilidade de entendimento. O modelo de previsão de demanda da média móvel simples é o mais elementar dentre os modelos de previsão quantitativos e deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência ou sazonalidade.



O modelo de previsão de demanda pela média móvel ponderada é uma variação da média móvel simples, que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem nem tendência nem sazonalidade. A diferença entre este modelo e o da média móvel simples é que agora se considera um peso maior para o último período de demanda, um peso ligeiramente menor para o penúltimo período e assim por diante até o último período que se vá utilizar para a estimativa. A Equação 2 ilustra este modelo.

$$F_t = p_1 D_{t-1} + p_2 D_{t-2} + p_3 D_{t-3} + \dots + p_n D_{t-n} \quad (2)$$

O modelo de previsão de demanda baseado na média móvel com suavização exponencial é uma variação da média móvel ponderada que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência nem sazonalidade. Adota-se um peso de ponderação que se eleva exponencialmente quanto mais recentes são os períodos (Equação 3).

$$E_t = E_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - E_{t-1}) \quad (3)$$

Caso a demanda apresente sazonalidade e tendência, há necessidade de incorporar estas duas características no modelo de previsão. A sazonalidade caracteriza-se pela ocorrência de variações, para cima ou para baixo, a intervalos regulares nas séries temporais da demanda. A tendência refere-se ao movimento gradual de longo prazo da demanda. O cálculo da mesma é realizado pela identificação da equação que descreva esta reta.

Este tipo de modelo é baseado no modelo de regressão simples.

Para a adoção deste modelo, é necessário que sejam tomadas algumas suposições (TRIOLA, 1999):

Investigação de relações lineares;

Para cada valor x , y é uma variável aleatória com distribuição normal.

Dispondo de dados amostrais, devem-se obter dados estimados dos parâmetros populacionais, calculados pelas equações 4 e 5.

$$b_o = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (4)$$



$$b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (5)$$

O cálculo é realizado pela identificação da equação que descreva esta reta. Trata-se de uma equação linear, descrita em 6.

$$y = b_0 + b_1x \quad (6)$$

Onde,

y = variável dependente;

x = variável independente.

Assim, com a incorporação destas características, o modelo de previsão é realizado, segundo a Figura 4.

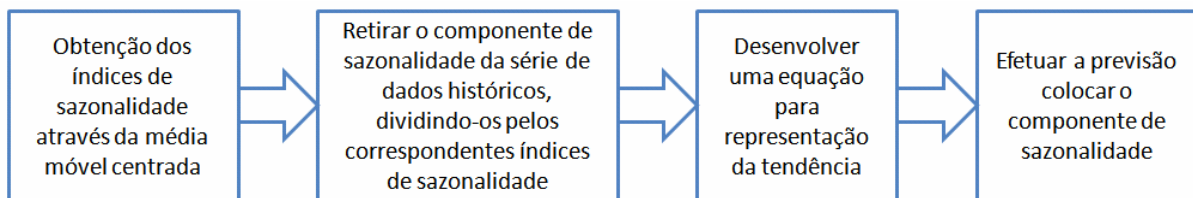


Figura 4: Processo de previsão de demanda
Fonte: Adaptado de Tubino, 2007.

Para a obtenção dos índices de sazonalidade, inicialmente, é calculado as médias móveis centradas para os ciclos definidos, onde o ciclo corresponde um comportamento parecido dos dados. Em seguida, as médias de cada período são divididas pelos dados históricos correspondentes de cada período, obtendo-se, assim, os índices de sazonalidade por período.

3.1.2 Modelos baseados em correlação

Existe ainda um modelo de previsão baseado em correlação busca prever a demanda por determinado produto com base na previsão de outra variável que esteja relacionada com o produto. Objetivo de estabelecer uma equação que identifique o efeito da variável de previsão sobre a demanda do produto em análise. Para a elaboração deste modelo, pode-se seguir os seguintes passos:

- Medir se há ou não existência de correlação entre as variáveis;
- Levantar o histórico da variável dependente;



- Levantar o histórico da variável independente;
- Definir a reta de regressão;
- Cálculo da previsão de demanda.

3.1.3 Erros de Previsão

Padoveze *et al.* (2009) entendem que podem existir eventos que trazem conseqüências para a previsão, como é o caso das crises internacionais que afetam as previsões de vendas feitas pelas empresas. Previsões de demanda não são isentas de erro. Segundo Zan e Sellitto (2007), quanto maior o espaço de tempo futuro na previsão, menor a verossimilhança da mesma.

Logo, com a técnica de previsão e implantada Tubino (2007) entende que há necessidade de acompanhar o desempenho das previsões e confirmar sua validade perante a dinâmica atual dos dados, devido aos fatores de mercado não controlados identificados no parágrafo anterior.

Este monitoramento é realizado pelo cálculo e acompanhamento do erro da previsão, que é dado pela diferença que ocorre entre o valor real da demanda e o valor previsto.

Para atender às demandas do mercado, a organização deve definir uma política de capacidade que minimize os impactos das oscilações de demanda, tenha agilidade e baixo custo de operação. Segundo Slack *et al.* (2002), há três opções puras e disponíveis para lidar com essas variações:

- Ignorar as flutuações e manter os níveis das atividades constantes (políticas de capacidade constante);
- Ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda (política de acompanhamento da demanda);
- Tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade (gestão da demanda).

A política de gestão da demanda busca conduzir a demanda de modo a levá-la para um nível próximo da capacidade constante do processo. A aplicação de cada uma das políticas citadas acima de forma isolada é muito rara e as empresas obtêm melhores resultados quando fazem uma combinação destas.



Seja pelos altos custos de investimentos em ativos (máquinas, equipamentos e instalações), ou pela dificuldade em recrutar e treinar mão-de-obra em intervalos de tempo relativamente curtos, a maior parte dos processos de manufatura opta por trabalhar majoritariamente com uma política de capacidade constante, mesclada com as outras duas políticas citadas (MAGALHÃES, 2008).

Nos casos em que há excesso de capacidade instalada, a fábrica pode facilmente atender ao surgimento de demanda não prevista, no entanto, haverá baixa utilização da capacidade, aumentando os custos de capital empregados. Por outro lado, havendo uma alta ocupação do parque fabril, trabalhar com a manutenção de estoques de segurança é fundamental, fazendo com que se tornem relevantes as decisões sobre o que e quanto produzir, já que há uma demanda a ser atendida ao mesmo tempo em que um estoque de segurança deve ser financiado. Gerados pelo descompasso (proposital ou não) entre ritmo de produção e a demanda, os estoques são encontrados em todos os sistemas de produção, sejam de bens ou de serviços.

4. Metodologia Adotada

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa para identificação de possibilidades de modelos que propusessem uma previsão para a demanda por biodiesel. Não foi encontrado nenhum modelo que realizasse esta previsão. Assim, foi adotado o modelo de previsão de demanda com tendência e sazonalidade, que foram identificadas nos dados.

A segunda etapa do trabalho foi identificar a série histórica de vendas de diesel. Como por lei todo o diesel comercializado no Brasil tem de possuir um percentual misturado de biodiesel, optou-se fazer a previsão de demanda por biodiesel em função das vendas de diesel.

A etapa seguinte foi a elaboração do modelo de previsão não-paramétrico trazido por Tubino (2007). Este modelo contempla a sazonalidade que, por ventura, possa ter e a tendência. Por este modelo, obtêm-se uma reta de regressão linear para expressar a tendência dos dados e fazer a estimativa futura. Sobre estes dados são colocados os coeficientes de sazonalidade do período respectivo.

Com a previsão de demanda em mãos, o passo seguinte é a avaliação da capacidade produtiva instalada e projetada no Brasil. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica.



Por último, foram realizadas as análises para observar se o país está preparado para atender à demanda crescente por biodiesel. O próximo tópico apresenta os resultados obtidos através do método proposto.

5. Modelo de Análise da Demanda por Biodiesel

Esta etapa do trabalho tem por objetivo fazer uma estimativa do consumo de biodiesel no mercado nordestino e externo a este. Inicialmente, pensou-se em trabalhar com a série histórica de consumo de biodiesel. Porém, isto não é possível, pois os dados não possuem um comportamento livre ou seja, são atrelados às imposições feitas pelo governo, como foi com a entrada em vigor da lei 11.097, de 2005, que previa a venda de diesel com 3% de biodiesel até 2008 e 5% misturado ao diesel em 2013, que pode ser adiantado para 2010.

A Figura 5 ilustra a evolução do consumo de biodiesel no Brasil. Por este gráfico pode-se observar que o consumo de biodiesel era muito baixo, com valores irrisórios, praticamente não existindo a produção do mesmo. Porém, com o advento da lei em 2005, a produção de biodiesel cresceu de forma exponencial e tende a crescer mais, de acordo com o aumento de biodiesel misturado ao diesel previsto pelo governo federal.

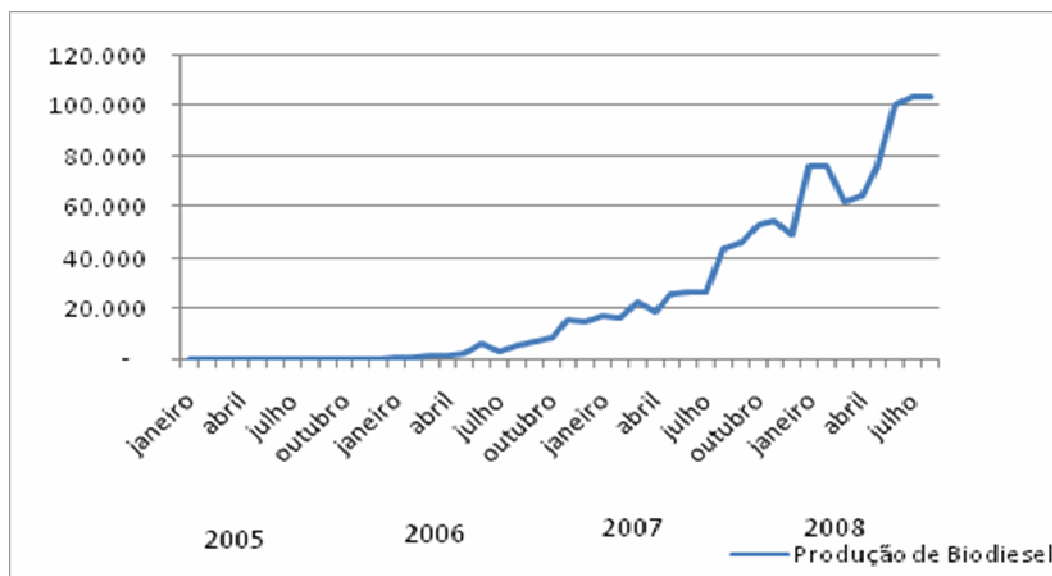


Figura 5: Produção de Biodiesel no Brasil.
Fonte: Adaptado de ANP, 2008.



Logo, como o biodiesel brasileiro deve ser misturado ao diesel, pode-se considerar que a produção deste combustível está altamente correlacionada com o nível de vendas de diesel no Brasil. Assim, utilizou-se o dado de vendas de diesel no Brasil para fazer a previsão de demanda por biodiesel.

Um fato que deve ser ressaltado é a impossibilidade de se fazer uma análise de correlação entre a produção de biodiesel e a de diesel, devido à inexistência dados de produção de biodiesel anteriores à lei de 2005. A Figura 6 ilustra a série histórica de produção de diesel, que será utilizada como base para a realização da previsão de necessidade de biodiesel.

Na Figura 6, pode-se observar uma sazonalidade, constada uma queda nas vendas sempre nos meses iniciais do ano, com um aumento da demanda nos meses finais do ano. Pelo comportamento dos dados, constatou-se que existe esta sazonalidade. Outro fato que pode ser observado é a tendência de crescimento nas vendas de diesel, mesmo que de forma mais discreta.

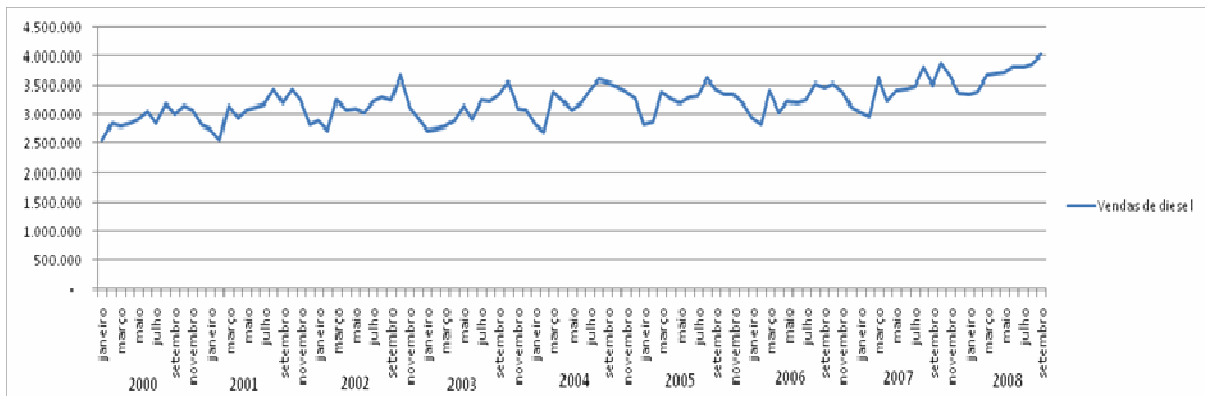


Figura 6: Série histórica de vendas de diesel.

Fonte: Adaptado de ANP, 2008.

A primeira etapa para a realização da previsão é a definição dos ciclos, que está relacionado com a sazonalidade. Cada ciclo deve possuir um comportamento parecido dos dados. Para o caso analisado, constatou-se que o ciclo coincide com a escala de tempo anual, o que pode ser ilustrado pelo comportamento dos dados na Figura 7.

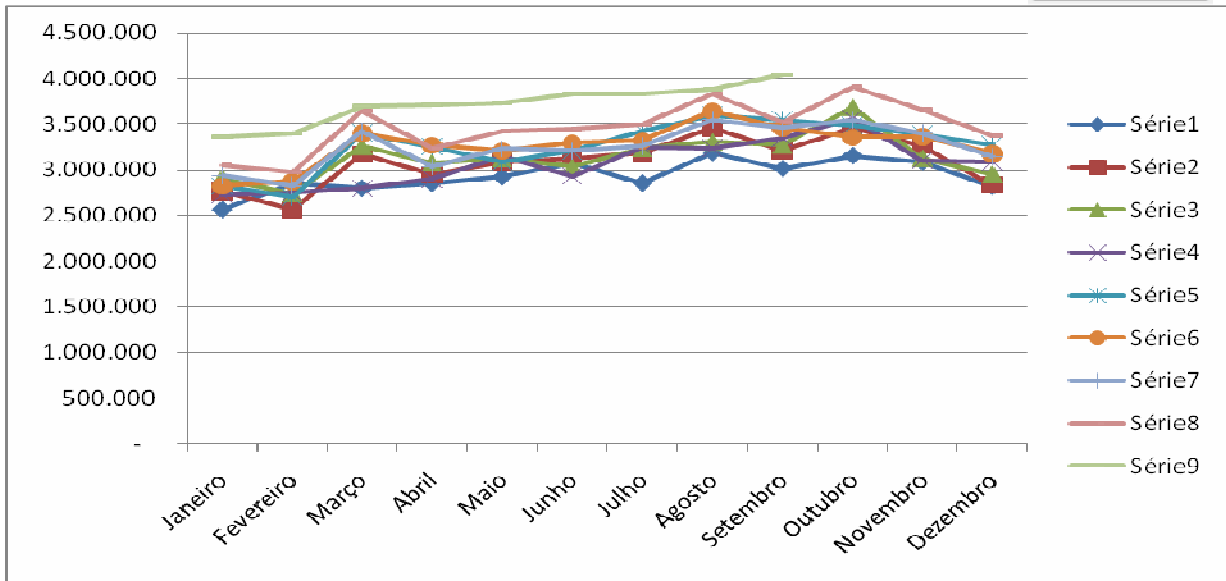


Figura 7: Identificação dos ciclos.

Fonte: Autores.

Sendo o ciclo composto por um número par, com o centro dos dados no meio de um período, primeiro, se calcula a média móvel centrada no meio dos períodos ($MMC_{1/2}$).

No estudo de caso analisado, a média móvel centrada está localizada entre os meses de junho e julho e esta média é dada pela média dos seis períodos anteriores (janeiro a junho) e dos seis períodos posteriores (julho a dezembro). Esta média deve ser calculada para cada uma destas intercalações, como ilustra o Quadro 1 e a Equação 7. O passo seguinte é a obtenção da média destas intercalações, que vai resultar na média móvel centrada do período, ilustrado na Equação 8.

$$MMC_{1/2} = (\text{Produção real}_{\text{jan}} + \text{Prod real}_{\text{fev}} + \dots + \text{Prod real}_{\text{dez}}) / 12 \quad (7)$$

$$MMC = (MMC_{1/2 \text{ anterior}}) + (MMC_{1/2 \text{ posterior}}) / 2 \quad (8)$$

A próxima etapa consiste na obtenção dos índices de sazonalidade no período, que é obtido pela Equação 9.

$$IS_{\text{período}} = (MMC_{\text{período}} / \text{Produção Real}_{\text{período}}) \quad (9)$$



Anos	Mezes	Produção Real	Média Móvel Centrada no meio do período	Média Móvel Centrada	Índice de Sazonalidade
2000	Janeiro	2.562.815			0,115312248
	Fevereiro	2.851.462			0,106164426
	Março	2.795.766			0,130321693
	Abril	2.850.548			0,12028355
	Mai	2.917.606			0,125248059
	Junho	3.073.554			0,126605798
	Julho	2.852.406		2.929.272	0,971039779
	Agosto	3.182.950		2.945.680	1,084990788
	Setembro	3.010.823		2.921.558	1,025149349
	Outubro	3.150.900		2.952.363	1,06587517
	Novembro	3.086.397		2.959.961	1,040290939
	Dezembro	2.816.033		2.973.757	0,946287444
2001	Janeiro	2.759.716			0,922497985
	Fevereiro	2.561.987			0,849315408
	Março	3.165.428			1,042573542
	Abril	2.941.729			0,962268399
	Mai	3.083.161			1,001984475
	Junho	3.124.514			1,012846381
	Julho	3.177.964		3.084.360	1,025079196
	Agosto	3.456.504		3.085.409	1,099862893
	Setembro	3.208.521		3.115.017	1,011962862
	Outubro			3.170.320	
	Novembro			3.142.668	
	Dezembro			3.170.592	

Quadro 1: Índices de Sazonalidade por mês
Fonte: Autores.

O índice de sazonalidade médio para cada mês é pela média dos índices de sazonalidade de cada mês dos anos da série histórica. Assim, para cada período (mês) obteve-se um índice de sazonalidade. A Tabela 1 ilustra os índices de sazonalidade obtidos em cada período do ano.

Tabela 1: Índices de Sazonalidade por mês

Período	IS ₁	IS ₂	IS ₃	IS ₄	IS ₅	IS ₆	IS ₇	IS ₈	IS ₉	IS ₁₀	IS ₁₁	IS ₁₂
Índice de Sazonalidade	0,90	0,87	1,02	0,97	0,99	0,99	1,02	1,08	1,16	1,09	1,02	0,95

Com o índice de sazonalidade calculado, é necessário encontrar uma equação que represente a tendência de crescimento ou decréscimo da série histórica. Para tanto, esta equação é obtida aproximando-se a evolução dos dados como uma reta, representada pela equação linear (10). Com a equação identificada, o índice de sazonalidade é multiplicado a fim de se encontrar o valor estimado da demanda por biodiesel.



$$Y = 4982,63X + 291614 \quad (10)$$

Esta equação representa a tendência de evolução dos dados, retirada a sazonalidade do período. Com a equação de tendência e os índices de sazonalidade dos períodos, é possível realizar a previsão de vendas de diesel para os anos subseqüentes.

Com o modelo de previsão de demanda de diesel, foram calculados os valores de demanda por biodiesel até o ano de 2020, que está ilustrado na Figura 8. Esta estimativa foi elaborada em função dos níveis de mistura de biodiesel a diesel. Podem-se observar os valores de previsão de demanda por biodiesel por ano. Para a realização da previsão, foram utilizadas situações hipotéticas de fornecimento, com a adição de 5%, 10%, 15% e 20% de biodiesel ao diesel vendido no Brasil. Todos estes dados são ilustrados na Figura 8, em metros cúbicos.

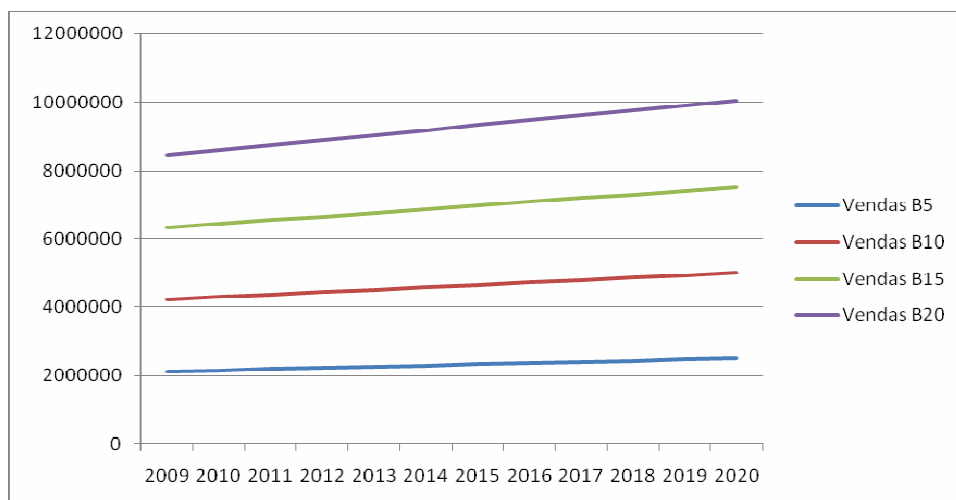


Figura 8: Previsão de demanda por biodiesel.
Fonte: Autores.

Pelo gráfico apresentado na Figura 8, pode-se observar que a demanda por biodiesel varia bastante em função da mistura adotada para a venda do diesel. Assim, observam-se dois cenários extremos: um primeiro, que é a adoção de 20% de biodiesel ao diesel, o que demandaria a produção de 10 bilhões de litros até 2020.

No cenário mais brando, que prevê a adição de somente 5% de biodiesel ao diesel, pode-se observar uma demanda até 2010 de, aproximadamente, 2,3 bilhões de litros. Porém, existe uma grande questão a ser respondida de imediato: Será que o Brasil está preparado para a produção desta quantidade de biodiesel?

Considerando a demanda por biodiesel por região, observa-se que a concentração das vendas de diesel se dá nas regiões Sudeste e Sul (juntos, são responsáveis por quase 70% das



vendas de diesel), que é explicado pelo seu desenvolvimento e quantidade de indústrias instaladas em relação ao restante do país. Este fato está ilustrado no gráfico da Figura 9.

Pelo que foi exposto, o grande mercado está concentrado na região Sudeste. Porém, um estudo que deve ser realizado é quanto irá custar transportar o biodiesel excedente nas demais regiões para estas que possuem um maior consumo.

Vale ainda ser ressaltado que, o transporte do biodiesel é mais interessante ser realizado com o mesmo na forma pura, pois a produção de diesel está concentrada na região sudeste, não tendo sentido se transportar o diesel de uma localidade para outra na forma de mistura com biodiesel.

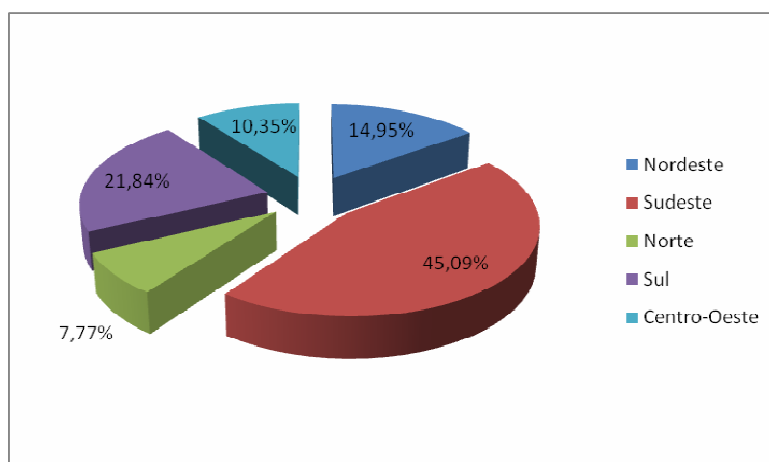


Figura 9: Demanda por diesel por região
Fonte: Adaptado de Biodiesel Br, 2008.

Após a avaliação da demanda por biodiesel pelo mercado nacional, o próximo passo é a fazer a avaliação do potencial de produção existente no Brasil, a fim de se avaliar se o país está ou não preparado para absorver a demanda crescente por este tipo de combustível.

6. Capacidade Instalada para a Produção de Biodiesel

Inicialmente, foram identificadas as usinas produtoras de biodiesel em funcionamento, em construção e previstas. Observa-se que esta capacidade instalada (engloba a capacidade prevista a ser instalada) e projetada está na faixa de 5,7 bilhões de litros. Assim, pode-se observar que, dependendo da disponibilidade de matéria-prima, o país tem capacidade de responder por uma demanda de B10, com uma folga bastante confortável, podendo-se pensar inclusive na exportação de parte deste combustível produzido até 2020.



A Figura 10 ilustra a localização das unidades produtoras de biodiesel no Brasil. Pode-se observar uma grande concentração de usinas nas regiões Sudeste e Centro-oeste do país. Vale ressaltar ainda que existem poucas usinas na região Nordeste e quase a inexistência das mesmas na região Norte. Na região Sul possui uma quantidade expressiva de usinas, com capacidade menor. Este é um dado bastante preocupante, pois as áreas existentes são cultiváveis para alimentos nestas regiões, diferentemente da região Nordeste, onde predomina o semi-árido, com grande potencial de produção de culturas oleaginosas, com impacto reduzido na produção de alimentos.

Vale ser colocado que a produção de biodiesel pode comprometer a produção de alimentos se a mesma não for feita com responsabilidade. Um fato interessante a ser ressaltado é que a localização das usinas está atrelada a produção de soja. Foi observado que a localização das usinas está, em grande parte, na região centro-oeste e sudeste, que é responsável por grande parte da produção de soja, o que traz o indício que a produção de biodiesel está se dando baseada nesta cultura, o que não atende à proposição inicial do governo que consistia em promover a inclusão social através da produção desta cultura.



Figura 10: Mapa das Usinas Produtoras de Biodiesel
Fonte: Adaptado de BiodieselBr, 2008.

Apesar de se observar que existe uma concentração das usinas nas regiões Sul e Sudeste, a maior capacidade instalada está na região Centro-Oeste, onde estão localizadas as usinas com maior capacidade.



A contribuição de cada região está ilustrada na Tabela 3. Observa-se que esta capacidade instalada (engloba a capacidade prevista a ser instalada) e projetada está na faixa de 5,7 bilhões de litros.

REGIÃO	CONTRIBUIÇÃO COM A PRODUÇÃO NACIONAL	CAPACIDADE PRODUTIVA
NORTE	3,52%	202.000.000
NORDESTE	20,29%	1.163.000.000
CENTRO-OESTE	35,07%	2.010.000.000
SUDESTE	18,86%	1.081.000.000
SUL	22,26%	1.276.000.000
TOTAL:	100,00%	5.732.000.000

Tabela 3: Potencial de produção estimado por região.
Fonte: Autores.

Assim, observa-se que as regiões Sul e Centro-oeste contribuem com mais de 50% da produção nacional. A região Sudeste vem em seguida, respondendo apenas por quase 19% da produção nacional, seguida pela região nordeste. Por último, vala ainda ser destacado que a região Norte responde por uma parcela ínfima da produção. Estes fatos estão ilustrados na Figura 11.

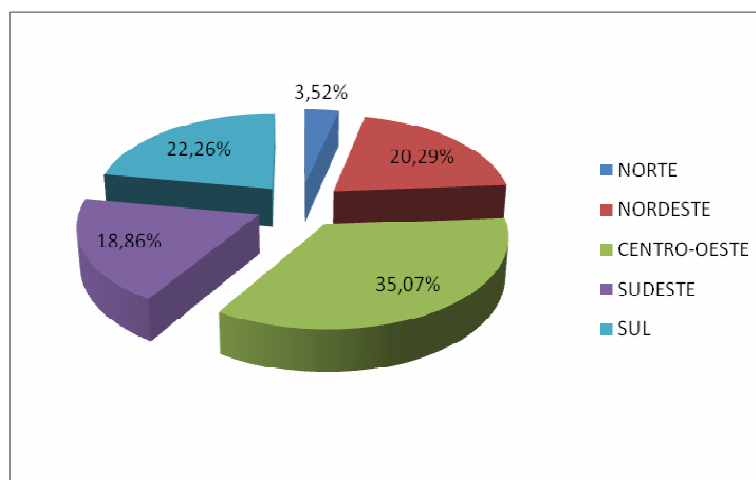


Figura 11: Participação das regiões na produção nacional de biodiesel.
Fonte: Adaptado de BiodieselBr, 2008.

Pelo que foi exposto, o próximo tópico aborda as constatações obtidas com estes estudos preliminares de demanda e capacidade instalada.



7. Considerações finais

Assim, com um estudo para a demanda baseado em modelos não-paramétricos e com a avaliação da capacidade instalada, agora é possível a realização de uma análise preliminar da situação brasileira de produção de biodiesel.

Inicialmente, observou-se que a previsão do governo é de, inicialmente, trabalhar com uma mistura de B5 até 2013, podendo-se observar uma demanda até 2010 de, aproximadamente, 2,3 bilhões de litros, se a meta for adiantada, como prevê o governo.

Observa-se que esta capacidade instalada (engloba a capacidade prevista a ser instalada) e projetada está na faixa de 5,7 bilhões de litros. Assim, constatou-se que o Brasil vem se preparando para atender a uma demanda de B10 com uma folga bastante confortável.

Logo, caso as usinas planejadas sejam concluídas e todas elas operem na sua capacidade máxima de produção, pode-se observar um *superávit* de 2,5 bilhões de litros.

Grande maioria das usinas já está em funcionamento, estando apenas uma pequena parte ainda por entrar em funcionamento. Assim, a capacidade instalada não representa um gargalo para o setor, ficando isso a carga da disponibilidade de matéria-prima para esta produção.

Um segundo ponto a ser avaliado é que a demanda por biodiesel está concentrada nas regiões mais desenvolvidas do Brasil, com maior concentração industrial, que respondem por uma demanda de mais de 50% de toda a mistura de diesel e biodiesel.

Observa-se também que a produção de biodiesel está concentrada na região Centro-oeste, que também é responsável pela grande maioria da produção de soja, que mostra um indício que a produção de biodiesel está atrelada à produção de soja.

Como o país está preparado para a produção de B10 e esta demanda ainda não existe, observa-se um potencial para a exportação deste combustível. Porém, a produção de biocombustíveis deve levar em consideração, variáveis econômicas, políticas e ambientais e análise de todas estas variáveis é muito complexo (OECD, 2008).

A grande preocupação na produção dos biocombustíveis é a aderência aos critérios de sustentabilidade. Entende-se por sustentabilidade o “desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras”. Isso significa, no caso dos biocombustíveis, em produzi-los, com o impacto reduzido, de forma a não comprometer o meio ambiente e os recursos.



Estas preocupações devem ser levadas em consideração para que o possível superávit futuro possa servir como divisas na balança comercial brasileira.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, M.R. **O Processo de Governança em Arranjos Produtivos: o caso da cadeia automotiva do RGS**. Tese de Doutorado. PPGEF. UFRGS. Porto Alegre. 2003.

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. P. Alegre: Bookman, 2005.

BIOBIESELBR. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/oleo-bruto-ou-biodiesel.htm> . Recuperado em 15/08/2008.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASILBIO. **B5 chega até 2010**. Disponível em: <http://brasilbio.blogspot.com/2007/05/b5-chega-at-2010.html>. Acessado em 15/12/2008.

CARMO, B. B. T., ALBERTIN, M. R., DUTRA, N. G. S. E RODRIGUES, M. V. **Análise da viabilidade tecnológica da cadeia produtiva do biodiesel no estado do Ceará**. Revista GEPROS, ano 3, vol. 2, 2008.

CARMO, B. B. T. **Identificação das demandas e ofertas tecnológicas na cadeia produtiva do biodiesel no estado do Ceará**. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

CHASE, R. B., JACOBS, R. F., AQUILANO, N.J. **Operations management for competitive advantage with global cases**. 11 edição. Editora New York McGRAW – Hill – International Edition, 2006.

CHOPRA, S. & Meindl, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.



CEPLAC. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo9.htm>. Acessado em 02/12/2008.

ANP. Disponível em: www.anp.gov.br. Acessado em 30/11/2008.

CORRÊA, Henrique L. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2004.

HOLANDA, F.A. **Biodiesel e Inclusão Social**. Brasília, 2006.

MAGALHÃES, J. A. M. **Otimização do tamanho e sequenciamento de lotes de produção numa fábrica de alimentos**. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MESQUITA, M. A. **Previsão de Demanda**. Disponível em: http://www.prd.usp.br/disciplinas/docs/pro5760/5760A02Prev_2003.pdf. Acessado em 12/02/2009.

OECD. Economic Assessment of Biofuel Support Policies. **Organisation for Economic Co-operation and Development**. Paris, 2008.

PADOVEZE, C. L., BIAGGI, G. V., CAMPOS, J. A. **Análise de conjuntura e previsão de demanda: exemplos de modelos decisórios de controladoria na estratégia e operações**. Disponível em: <http://www.am.unisal.br/graduacao/Administracao/pdf/publicacoes-11.pdf>. Acessado em 13/02/2009.

PELLEGRINI, F. R. e FOGLIATTO, F. S. **Passos para a implantação de um sistema de previsão de demanda: técnicas e estudo de caso**. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/399_prev2.pdf. Acessado em 15/02/2009

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STEVENSON, W. J. **Administração das Operações de Produções**. LTC. Rio de Janeiro, 2001.

TRIOLA, M., F. **Introdução à estatística**. Ed.: Rio de Janeiro, LTC. Rio de Janeiro, 1999.



TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. Ed.: São Paulo, Atlas. São Paulo, 2007.

ZAN, G. L. e SELMITTO, M. A. **Técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de venda de materiais eletro-mecânicos**. Revista GEPROS, ano 2, vol. 4, 2007.

Artigo recebido em 2009 e aprovado para publicação em 2009