



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Análise Preditiva do Mercado de Petróleo Brasileiro

Angelo Garangau Menezes¹, Ezellon Cavalache Jambeiro², Raónni Silva Pinto³

¹ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Mecânica – angelomenezes@hotmail.com

² Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Mecânica - ezellonjambeiro@hotmail.com

³ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Eletrônica - raonytcd@hotmail.com

RESUMO

As análises preditivas utilizando ferramentas estatísticas são de extrema importância para gestores de operação das grandes empresas nos dias de hoje e no âmbito da engenharia de petróleo isso não se diferencia. Através de dados obtidos por pesquisas de mercado, as empresas podem se preparar para a entrada de novos produtos, tecnologias e estimar demandas, o que auxilia na produção em geral. O trabalho aqui descrito constrói um modelo matemático para previsão do preço e da produção do petróleo no Brasil através da técnica de previsão de séries temporais (Holt-Winters) e de dados sobre a produção e preço do petróleo fornecidos pela ANP – Agência Nacional de Petróleo. Através dos mesmos dados, pôde-se confirmar que a taxa de desvio foi baixa em porcentagem geral para esse modelo, o que certifica o uso desta técnica para previsões de curto prazo para este tipo dado, onde outros critérios como a economia e situação política não teriam tamanha influência nos resultados. Com o uso dessas previsões, empresas do ramo petrolífero podem estimar qual a melhor época para investimento na compra de ações e investimento na produção de derivados do petróleo.

Previsão; Séries Temporais; Estatística; Gestão de Petróleo.

1. INTRODUÇÃO

As previsões de demanda são ferramentas significativas para a determinação de quais tipos de recursos serão necessários e quais são mais rentáveis de acordo com uma certa procura.

Em tempos de abertura de uma empresa ou de manutenção das suas finanças essas ferramentas podem lhe oferecer vantagens competitivas ao orientar qual pode ser o melhor serviço adotado por ela, tomando então medidas estratégicas e essenciais frente aos mercados que podem ser acessados pela empresa.

Para atingir e confirmar uma demanda futura obtendo maior ganho de oportunidades e facilitando a programação de recursos e serviços necessários, faz-se de grande importância o uso de modelos matemáticos e estatísticos baseados em dados históricos e correlacionais para melhor análise de possibilidades visto que muitas empresas ofertam o mesmo serviço, e entretanto nem todas tem o mesmo capital de investimento e estratégia de competição, o que pode levar à distinção das mesmas diante do mercado. Estes modelos são otimizados para atingir um

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

planejamento a curto ou longo prazo.
Exemplos de técnicas para se obtê-los são:

- Regressão linear e análise de correlação
- Médias móveis
- Suavização exponencial simples
- Suavização exponencial com ajuste de tendência
- Método sazonal multiplicativo.

Estimativas de demanda, capacidade e produção são essenciais para elaboração de planos de negócios, pois elas norteiam todo o corpo administrativo e quais caminhos podem ser adotados, ora dando ideias como fluxos de caixa para o setor de finanças ou dados para uma melhor qualificação de mão de obra atuando com o setor de recursos humanos. Esses métodos podem ser largamente

1.1. História do Petróleo

Com uma maior demanda de petróleo pelo mundo e a diminuição de campos convencionais, a indústria petrolífera está buscando inovações e novas fronteiras para não ter seu lucro afetado. Até o final do século XIX, os Estados Unidos dominaram praticamente sozinhos o comércio mundial de petróleo devido em grande parte atuação do empresário John D. Rockefeller. A supremacia

utilizados pelas mais variadas indústrias, como por exemplo a de extração de petróleo onde é necessário saber quais variáveis podem influenciar a produção e o preço do mesmo em determinados lugares do mundo já que os investimentos para a perfuração de poços e compra de barris são relativamente altos e levam muitos fatores econômicos em consideração. Mudanças positivas e negativas nas tendências das variáveis são relatadas por esses métodos estatísticos, pois tanto a curto e a longo prazo eles podem ser efetivamente testados e utilizados. Partindo dessas premissas, o presente trabalho fará um estudo de caso com a utilização de uma técnica de previsão baseada em dados históricos da produção e do preço do petróleo brasileiro, fazendo assim comparações e estimativas da validade destes modelos para dados não estacionários reais que levam em consideração o cenário econômico mundial.

americana foi ameaçada nas últimas décadas do século XIX pela produção de óleo nas jazidas do caucaso exploradas pelo grupo Nobel através de investimentos russo e sueco. Em 1901 uma área de poucos quilômetros quadrados na península de Apsheron junto ao mar Cáspio produziu 11,7 milhões de toneladas, no mesmo ano em que os Estados Unidos registravam uma produção de 9,5 milhões de toneladas. O resto do mundo

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

produziu naquele ano ao todo 1,7 milhões de toneladas" de acordo com o CEPA da Universidade de São Paulo. Desta forma, se deu o começo da grande procura dentro dessa vertente econômica que movimenta o mundo com combustíveis fósseis e outros produtos. Prova-se então que existindo uma produção e para uma exploração sem grandes riscos relacionados à não compensação de investimento, é essencial frisar a necessidade de um planejamento com certa precisão nas previsões de investimento e tecnologia para descobertas de novos reservatórios visando a magnitude de benefícios.

No Brasil, a produção e exploração do petróleo se confunde com a criação da

1.1. Previsão de demandas

Previsão é a ciência de prever eventos através do uso de variáveis correlacionadas, dados históricos e experiências de campo dentro de modelos matemático estatísticos, que podem seguir algum critério específico. As previsões são fundamentais para auxiliar na determinação dos recursos necessários para a empresa, tornando-se então estratégicas na tomada de decisões. Para isso, algumas variáveis têm que ser levadas em consideração, como prazos de entrega, mudanças tecnológicas, estratégia dos concorrentes, dentre outras. Para realizar uma

Petrobrás fundada em 1953 como empresa estatal. Porém o primeiro poço perfurado foi em 1892 em uma fazenda no interior de São Paulo e somente em 1939 foi descoberta a primeira jazida em Salvador - BA que seria explorável comercialmente. Logo a empresa atingiu a capacidade de produção de 2.700 barris por dia, número 700 vezes menor do que o atingido na ocasião da celebrada auto-suficiência petrolífera do país em 2006. Foi analisado que desde mudanças no quadro econômico de um país, até baixos investimentos de capital estrangeiros podem influenciar nos valores gerais do preço do barril de petróleo [RAMIREZ, 2014].

previsão, é necessário seguir alguns passos básicos que tornem a previsão mais segura: determinar o uso da previsão; selecionar os itens a serem previstos; determinar o horizonte da produção; selecionar o modelo de previsão; reunir os dados necessários; fazer a previsão: validar e implementar os resultados.

Uma previsão geralmente é classificada pelo horizonte futuro que cobre, dividindo-se em:

- Curto prazo - Até 1 ano, mas geralmente até 3 meses. Geralmente são mais precisas. Envolve planejamento de compras,

www.conepetro.com.br

br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



planejamento de tarefas, força de trabalho, níveis de produção;

- Médio prazo - de 3 meses a 3 anos. É útil para planejamento de vendas, orçamento financeiro e da produção, análise de planos de produção;
- Longo prazo - Estende-se por mais de 3 anos, sendo utilizadas no planejamento de novos produtos, expansão de instalações, desenvolvimento e pesquisa;

Existem duas abordagens básicas para previsões: a qualitativa e a quantitativa [HEIZER, 1999]. A abordagem qualitativa envolve fatores como a experiência e a intuição para a tomada de decisão. Já a quantitativa, utiliza modelos matemáticos para fazer suas estimativas.

Na abordagem qualitativa, o modelo de séries temporal utiliza dados passados como base para fazer previsões. Neste modelo, são utilizadas algumas técnicas, como a Média Móvel Simples (MMS) e Média Móvel Ponderada (MMP), que são úteis quando se admite que a procura no mercado se manterá constante como o passar do tempo e são descritas pela equações 1 e 2.

$$MMS = \frac{\sum DN}{n} \quad [1]$$

$$MMP = \frac{\sum DN * pesos}{\sum pesos} \quad [2]$$

DN – Demanda dos últimos n períodos

A técnica de regressão linear consiste numa equação linear do tipo $y = ax + b$ para prever a demanda. O resulta do gráfico é uma reta. Já a técnica de Suavizamento Exponencial com Ajuste de Tendência atribui pesos às demandas passadas mais recentes e responde às tendências do mercado. Calculamos a previsão atual (F_i), a tendência atual (T_i) e as somamos, encontrando assim a previsão com tendência (PIT) demonstrada na equação 5:

$$F_i = \alpha A_i + (1 - \alpha)(F_i + T_{i-1}) \quad [3]$$

$$T_i = \beta (F_i - F_{i-1}) + (1 - \beta) T_{i-1} \quad [4]$$

$$PIT = F_i + T_i \quad [5]$$

α – constante de suavizamento para a média;

β – constante de suavizamento para a tendência;

A_i – demanda real atual;

F_{i-1} – previsão anterior.

As previsões não são perfeitas e possuem um desvio do valor real da demanda. Esses desvios são utilizados para validação e comparação entre os modelos, e podem ser calculados pelos métodos de Desvio Absoluto Médio (DAM), que é soma dos valores absolutos dos erros de previsão dividido pelo número de períodos de dados, e pelo método do Erro Quadrático Médio (EQM), que é média das diferenças quadradas entre os valores previstos e os observados sendo assim descritas pelas equações 6 e 7.

$$DAM = \frac{\sum \text{Erro de previsão}}{n}$$

[6]

$$EQM = \frac{\sum (\text{Erro de previsão})^2}{n}$$

[7]

Ao longo do tempo, percebemos que alguns eventos acontecem repetidamente em determinada época do ano, como por exemplo, o aumento das vendas de sorvetes no verão e de agasalhos no inverno. A essa periodicidade damos o nome de sazonalidade, que também deve ser considerada nas previsões. Estimamos um índice de sazonalidade, que será multiplicado pela demanda média (DM) para obtermos uma previsão sazonal que tem sua demonstração pelas equações 8 e 9.

$$DMM = \frac{\sum DM}{n}$$

[8]

$$IS = \frac{\sum \text{Demanda mensal}}{DMM}$$

[9]

DMM – Demanda mensal média

IS – Índice Sazonal

As empresas recorrem às previsões para anteciparem o comportamento do mercado e se prepararem para as futuras necessidades. Estas estimativas não são perfeitas mas podem ser a única estimativa de demanda para aquele período até que a demanda real seja conhecida. Através da combinação do índice sazonal para estimativas junto do suavizamento exponencial com ajuste de tendências, pode-se obter um método comumente chamado de Holt-Winters [CHATFIELD, 1988], utilizado para se obter previsões mais completas e abrangentes [KALEKAR, 2004]. A equação que modela a técnica de Holt-Winters pode ser vista na equação 10.

$$F_{t+m} = (F_t + mT_t) \gamma I_{t-L+m}$$

[10]

γ – constante de suavizamento para a tendência;

I_{t-L} – índice sazonal;

F_{t+m} – valor previsto;

Os modelos aqui demonstrados e discutidos neste trabalho apresentam possíveis soluções de problemáticas já utilizadas para outros propósitos e podem ser aplicados para a problemática do petróleo, como por exemplo

2. METODOLOGIA

De acordo com os métodos abordados descritos, este trabalho apresenta a construção de um modelo para previsão da produção de petróleo e o preço do petróleo importado em um determinado mês, de acordo com análises estatísticas do mesmo e de dados históricos do consumo de derivados do petróleo. A abordagem do conjunto de dados está de acordo com vertentes previamente apresentadas. Para a análise série-temporal dos dados de produção e do preço do petróleo foi escolhido o método de suavização exponencial com projeção de tendências e variante sazonal afim de modelar o sistema de

saber qual o melhor momento para investir em ações de empresas petrolíferas no Brasil, problemas esses que surgiram com o começo da exploração em meados do século XIX, quando as primeiras refinarias se estabeleceram mundo a fora. Contudo, o foco será a produção e exploração brasileira.

acordo com dados históricos da própria produção e preços passados do mesmo com uma abordagem mais completa dentro contexto da característica dos dados.

2.1. Dados Utilizados

Para as seguintes análises, foram usados dados históricos da produção e preço do petróleo, de acordo com dados obtidos no website da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os dados utilizados foram referentes à produção de petróleo e preço do petróleo importado desde o ano 2000 até o ano de 2015 assim como pode ser visto nas amostras das figuras 1 e 2.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Dados	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Janeiro	5690793	6498405	7106895	7409792	7182535	7382254	8321362	8557460	8753001	9310661	9841034
Fevereiro	5167310	5971240	6389095	6872130	6694564	6644407	7533460	7827167	8169007	8493596	8977144
Março	5861504	6211220	7179072	7453190	7294742	7581902	8358067	8719200	8624510	9577172	10038414
Abril	5538707	6052810	7007921	7250214	6911528	7995070	8286098	8294579	8573236	9256419	9907401
Mai	5713178	5920527	7305933	7332231	7001749	8324684	8615745	8506144	8947344	9636554	10227859
Junho	5764513	6173469	7166751	6545205	7066628	8100731	7776547	8507653	8727800	9146200	9784466
Julho	5851190	6428124	7164729	7349096	7458958	8282310	8502763	8742543	8993784	9456357	10131670
Agosto	5876616	6338025	7413679	7595173	7403277	8013086	8393094	8666584	9073102	9661504	10242388
Setembro	6196036	6223285	7085702	7261756	7264852	7950711	8265597	8234483	8857868	9504934	9528102
Outubro	6476597	5806609	7286273	7390239	7396430	8233697	8683793	8315685	9032539	9810383	9845848
Novembro	6513555	6384420	6676713	7062968	6927263	7985490	8425352	8162621	8619957	9474178	9963874
Dezembro	6993695	7011827	6616203	7297703	7364453	8302393	8808735	8902509	9080024	9852167	10744711

Figura 1: Produção de petróleo em metros cúbicos anual no Brasil

Meses	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Janeiro	168.67	169.67	103.89	195.59	205.64	262.72	398.13	409.03	615.93	293.97	496.2
Fevereiro	175.4	176.64	116.77	206.77	211.45	274.22	383.92	385	598.24	292.56	509.46
Março	187.55	184.83	125.75	219.93	214.04	309.93	404.66	381.27	627.19	307.88	494.09
Abril	188.35	156.53	152.21	197.08	227.67	323.13	422.18	418.6	699.82	317.33	528.77
Mai	158.18	173.12	166.63	174.96	228.39	338.83	447.33	435.98	723.98	338.84	537.06
Junho	181.49	173.59	162.16	162.47	254.81	335.19	468.95	454.22	800.93	412.4	515.78
Julho	193.59	180.5	158.34	186.72	241.99	350.4	464.44	474.84	887.39	450.08	473.28
Agosto	188.78	164.09	168.8	192.38	265.78	390.75	484.41	488.17	846.32	454.93	522.66
Setembro	190.02	158.64	167	188.43	272.88	418.46	471.02	488.37	778.16	479.67	502.61
Outubro	208.65	168.8	178.37	186.79	293.57	419.11	429.42	511.75	688.49	467.44	519.96
Novembro	200.36	135.35	184.94	186.3	303.77	393.23	417.58	586.69	543.66	491.66	535.9
Dezembro	202.12	126.16	162.52	195.47	297.37	399.7	383.27	605.69	392.59	514.56	552.17

Figura 2: Preço do petróleo importado anual no Brasil em dólar

2.2. Método de Análise Temporal

Através da análise temporal dos dados históricos, foi obtido o gráfico da série temporal das variáveis estimadas para se ter

uma ideia do comportamento da curva e identificar padrões assim como pode ser visto nas figuras 3 e 4.

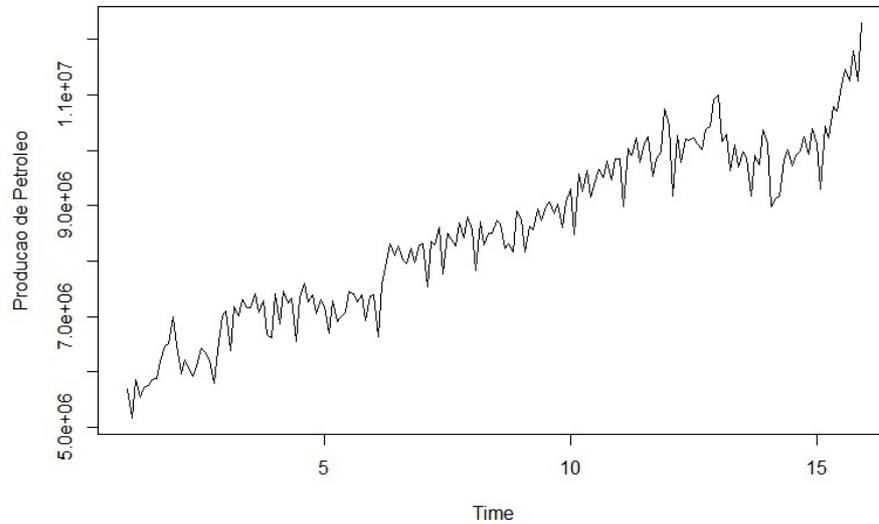


Figura 3: Produção de Petróleo nos últimos 15 anos

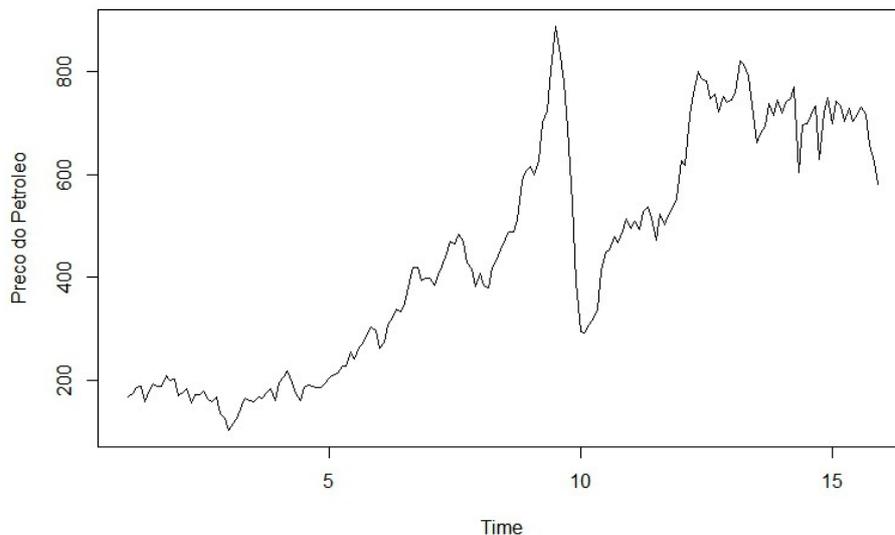


Figura 4: Preço do petróleo importado anual no Brasil

2.2.1. Análise Temporal da Produção e Preço do petróleo importado

Para a análise temporal dos dados de produção e do preço do petróleo através do

método escolhido, os seguintes coeficientes foram estimados pelo software de programação e análise estatística R, e são mostrados nas tabelas 1 e 2:

Tabela 1: Coeficientes para Produção do petróleo



Alpha (α)	Beta (β)	Gamma (γ)
0,3686	0,1	0,5152

Tabela 2: Coeficientes para Preço do petróleo

Alpha (α)	Beta (β)	Gamma (γ)
0,8577	0,0004	0,9

Utilizando essa ferramenta para simulação das técnicas de previsão através dos coeficientes obtidos, os devidos valores de previsão e de erro para o ano de 2015 puderam ser estimados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise dos gráficos presentes nas figuras 1 e 2, e das tabelas 1, 2 e 3, notou-se que existe uma forte tendência positiva agindo em ambos os gráficos para futuros valores de acordo com a inclinação dos pontos e também que a variação sazonal está presente em ambos. Logo, justificou-se então o uso de tal técnica de análise temporal, uma vez que o uso de outras técnicas poderiam estimar previsões de uma maneira incompleta, não levando em conta os aumentos relativos a procura de derivados de petróleo em determinada época do ano. Como pode ser

visto nos gráficos das figuras abaixo, o modelo tentou seguir os dados históricos ao máximo mas ainda sim obteve uma quantidade razoável de erro pelo fato de que os dados são não estacionários, o que significa que eles podem não manter características como média, autocorrelação e variância ao longo do tempo dificultando para o modelo obter uma estrutura correta e um padrão ao longo do tempo.

Os erros obtidos em ambos gráficos foram satisfatórios para suas análises, porém nota-se pela tabela 3 que a proporção entre o desvio absoluto médio (DAM) e a média para as estimativas de produção foi muito pequena, o que traz a afirmação de que a produção pode ser estimada por seus dados históricos sem maiores problemas para dados futuros uma vez que suas características tenderam a se perpetuar pelo tempo, obedecendo tendências e sazonalidade.

Tabela 3: Tabela de dados estatísticos da análise temporal

	Produção	Preço
DAM	240505	165,29
EQM	7,85 * e+8	31134



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

STD	542057	58,14
Proporção DAM	2,04 %	31,14 %
Proporção STD	4,59 %	14,47 %

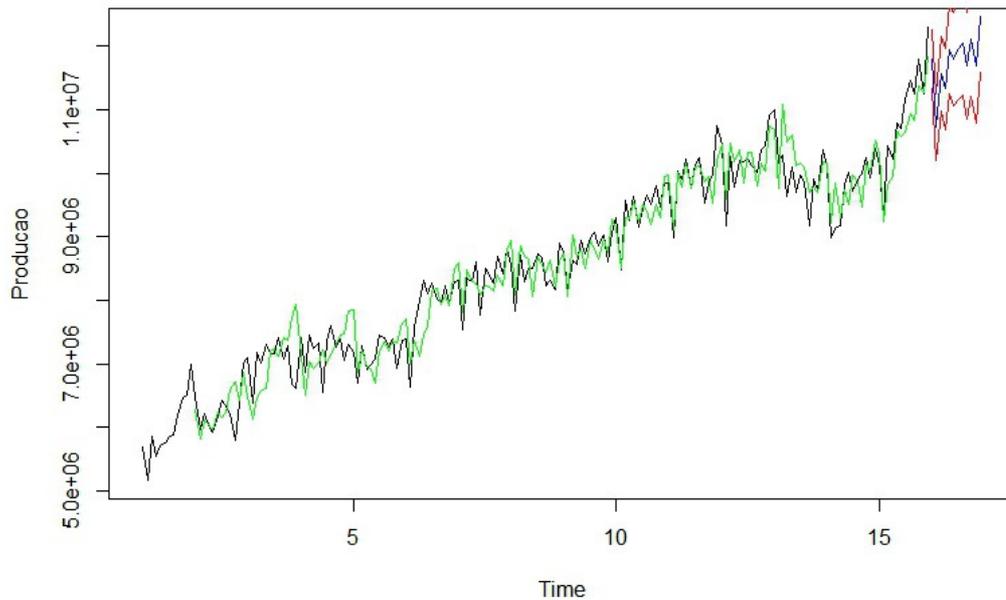


Figura 1: Linha de previsão temporal de produção de petróleo

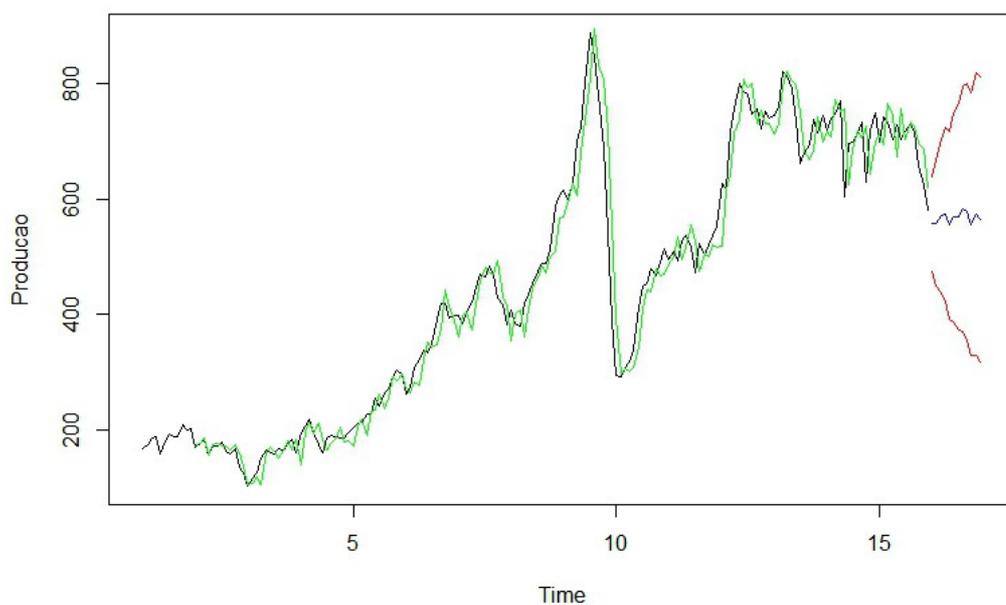


Figura 2: Linha da previsão temporal do preço do petróleo

4. CONCLUSÕES

Obteve-se sucesso nas previsões e estimativas, atingindo erros relativamente baixos para a quantidade e magnitude dos dados. Em previsões de curto prazo (até 3 meses), pode-se aceitar no caso da previsão com os dados referentes ao petróleo, a hipótese de que o futuro seja uma continuação do passado recente, ou seja, padrões de crescimento, declínio e sazonalidade podem ser mantidos ao longo do tempo, permitindo então utilizar até mesmo a metodologia de série temporal simples que age através de uma correlação entre a variável e o tempo para a previsão de dados futuros, demonstrando ser assim uma boa opção neste caso para obtenção de um modelo matemático para estimativas de produção e preço do petróleo para empresas do ramo. Através de programas específicos de planilha e de estatística, pôde-se obter com facilidade os resultados baseados nas funções dessas estimativas para o preço e produção futura. Deve-se frisar no entanto que estas estimativas são válidas para previsões de até 3 meses, em previsões de médio prazo (3 meses até 3 anos), é importante salientar que sejam consideradas questões qualitativas nas análises, como a

opinião de especialistas e mudanças tecnológicas, ou seja, realizar uma combinação entre métodos de correlação temporal, modelos causais (quantitativos) e métodos qualitativos para uma melhor elaboração de modelos explicativos. Com o uso desses métodos e estimativas, empresas do ramo petrolífero podem se preparar economicamente e logisticamente de acordo com a melhor época para compra de ações de outras empresas do ramo e investimento na produção de derivados do petróleo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a estrutura fornecida pela Universidade Federal de Sergipe durante o período de execução do trabalho, em especial ao Dr. Richard Estombelo pelo apoio e tutoria.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATFIELD, CHRIS, AND MOHAMMAD YAR. "Holt-Winters forecasting: some practical issues." *The Statistician*: 129-140, (1988).

Dados Estatísticos Mensais, ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Bio-Combustíveis, Disponível em

<http://www.anp.gov.br/?pg=64555%26m=%26t1=%26t2=%26t3=%26t4=%E5%3C8%26cachebust=1408326992231>.

05/06/2016

HEIZER, J. & RENDER, B. *Administração de Operações: Bens e Serviços*. Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, 1999.

História do Petróleo, CEPA USP. Disponível em :

<http://cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/historia.html>, 05/06/2016

KALEKAR, PRAJAKTA S. "Time series forecasting using holt-winters exponential smoothing." Kanwal Rekhi School of Information Technology 4329008: 1-13, (2004).

Mackey-Glass time series generator, 2009.

Disponível em:

<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/24390-mackey-glass-time-series-generator>. 05/06/2016

RAMIREZ, MATEUS GETIRANA. Análise De Modelos Para Previsão Da Produção De Areia Em Reservatórios Não Consolidados.

Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

Singular Value Decomposition (SVD) tutorial, MIT. Disponível em:

http://web.mit.edu/be.400/www/SVD/Singular_Value_Decomposition.htm. 05/06/2016

Team, R. Core. "R: A language and environment for statistical computing." (2013): 409.