

4

Resultados da Avaliação da Relação entre o Custo Operacional e o Preço do Óleo

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação da metodologia de análise de regressão linear simples aos dados históricos de custo operacional e preço do óleo. Desta forma, será possível avaliar a relação de dependência entre estas duas variáveis.

A Seção 4.1 apresentará as séries históricas dos índices de custo operacional e preço do óleo. Os dados serão organizados em dois diferentes grupos: Campos Terrestres e Campos Marítimos.

Na Seção 4.2, a metodologia de regressão linear será aplicada aos dois grupos de campos. Assim, serão apresentados os valores estimados para os coeficientes de regressão, as respectivas variâncias e os coeficientes de determinação. Além disso, serão mostrados os resultados dos testes de homocedasticidade e ausência de correlação dos resíduos.

Ainda na Seção 4.2, será feita uma análise qualitativa das regressões lineares, procurando explicar e evidenciar as causas dos resultados obtidos.

4.1

Apresentação dos Dados

A *U.S Energy Information Administration* (EIA) é a agência de estatística e análise do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (EUA). Esta agência é responsável por coletar, analisar e divulgar informações relativas à área de energia.

Em EIA (2010) foram divulgados os índices de custo operacional de campos marítimos produtores de petróleo localizados no Golfo do México e campos terrestres localizados nos EUA e índices de preços de óleo e gás. Estes índices foram organizados anualmente entre os anos de 1994 até 2009.

Assim, nesta pesquisa serão utilizadas algumas informações apresentadas neste documento de forma a estudar especificamente a relação de dependência entre os custos operacionais diretos de produção e o preço do óleo. Esta análise será feita para campos terrestres e marítimos separadamente.

Não serão realizadas análises com dados de campos de petróleo brasileiros uma vez que índices históricos de custos operacionais não são públicos e não são divulgados na mesma forma que EIA (2010) apresenta.

De uma forma geral, campos marítimos apresentam estruturas mais complexas de produção e planos logísticos mais elaborados. O transporte de pessoas e produtos costuma ser mais caro, assim como a manutenção de equipamentos de superfície e sub-superfície e intervenção para restauração dos poços. Assim, os custos de produção de campos marítimos podem apresentar comportamento diferente dos custos de campos terrestres. Por isso, a análise para campos marítimos será feita separadamente da análise para campos terrestres.

No documento divulgado pela EIA (2010), os dados de campos terrestres foram divididos por região, método de recuperação dos hidrocarbonetos e comprimento de poços. As regiões foram divididas em Oeste do Texas, Sul do Texas, Sul de Louisiana, Meio Continente, Montanhas Rochosas e Califórnia. Já os métodos de recuperação, primária e secundária e os poços com comprimentos 2.000, 4.000, 8.000 e 12.000 pés.

Os dados dos campos marítimos foram divididos por lâmina d'água e capacidade produtiva das plataformas. As lâminas d'águas foram divididas em 100, 300 e 600 pés. A capacidade produtiva foi mensurada pelo número de bocas, ou seja, número de poços que podem ser interligados à plataforma, que nos dados divulgados foram divididos em 12 e 18 bocas. Todos os campos marítimos estão localizados no Golfo do México e são equipados com plataformas fixas.

Como consequência desta divisão, o histórico do índice de custo operacional direto apresentado em EIA (2010) foi dividido em 32 classes de campos, sendo 27 classes para campos terrestres e 5 para campos marítimos.

Nesta pesquisa, não serão feitas análises para as 32 classes de campos. Todas as classes serão organizadas em dois grupos: Campos Terrestres e Campos Marítimos. Os valores dos índices de custo operacional para cada grupo serão, portanto, uma média aritmética simples dos custos das classes pertencentes a cada grupo.

Este agrupamento simplifica a análise, de modo que o resultado obtido indicará o que ocorre em média, com o índice de custo operacional de campos terrestres e marítimos dada uma variação do preço do óleo.

Todos os valores médios do índice de custo apresentados nesta pesquisa serão indexados ao ano de 1994. Ou seja, os valores deste índice serão resultados da razão entre o custo no ano t e o custo no ano inicial i . Assim,

$$IC_t = \frac{C_t}{C_i} \quad (\text{Eq. 21})$$

em que IC_t é o índice de custo operacional, C_t é o custo operacional e o tempo t varia de 1994, o ano inicial i , até 2009.

Vale citar também que nesta pesquisa todos os valores nominais de custo foram atualizados para o ano de 1994 utilizando o índice de nível de preços americano *Gross Domestic Product* (GDP), divulgado em EIA (2010).

Neste relatório, também são fornecidos os preços médios anuais do óleo. Nesta pesquisa, todos os valores de índice de preço serão indexados ao ano de 1994, assim como os valores de índice de custo operacional. Do mesmo modo, os índices de preço do óleo serão resultados da razão entre o preço no ano t e o preço no ano inicial i . Logo,

$$IP_t = \frac{P_t}{P_i} \quad (\text{Eq. 22})$$

em que IP_t é o índice de preço do óleo, P_t é o preço do óleo e o tempo t varia de 1994, o ano inicial i , até 2009.

Cabe citar mais uma vez que, assim como os custos operacionais, nesta pesquisa o preço nominal do óleo foi atualizado com base no ano de 1994, utilizando o índice de nível de preços americano GDP divulgado em EIA (2010).

A Tabela 1 mostra os valores médios atualizados dos índices de custo operacional dos grupos Campos Terrestres e Campos Marítimos e os índices atualizados de preço do óleo, desde 1994 até 2009.

Tabela 1: Índices de Custo Operacional e Preço do Óleo de 1994 até 2009

	<i>Índice de Custo Operacional de Campos Terrestres</i>	<i>Índice de Custo Operacional de Campos Marítimos</i>	<i>Índice de Preço do Óleo</i>
1994	1,00	1,00	1,00
1995	1,00	1,03	1,09
1996	1,05	1,03	1,35
1997	1,10	1,30	1,23
1998	1,11	1,33	0,77
1999	1,14	1,27	1,09
2000	1,28	1,30	1,83
2001	1,35	1,41	1,46
2002	1,30	1,52	1,48
2003	1,45	1,72	1,77
2004	1,54	1,91	2,30
2005	1,74	2,14	3,04
2006	1,86	2,62	3,50
2007	1,99	2,60	3,79
2008	2,12	2,77	5,25
2009	1,84	2,67	2,84

(Fonte: Adaptado de EIA, 2010)

Os valores apresentados na Tabela 1 podem ser analisados graficamente, como mostra a Figura 2.

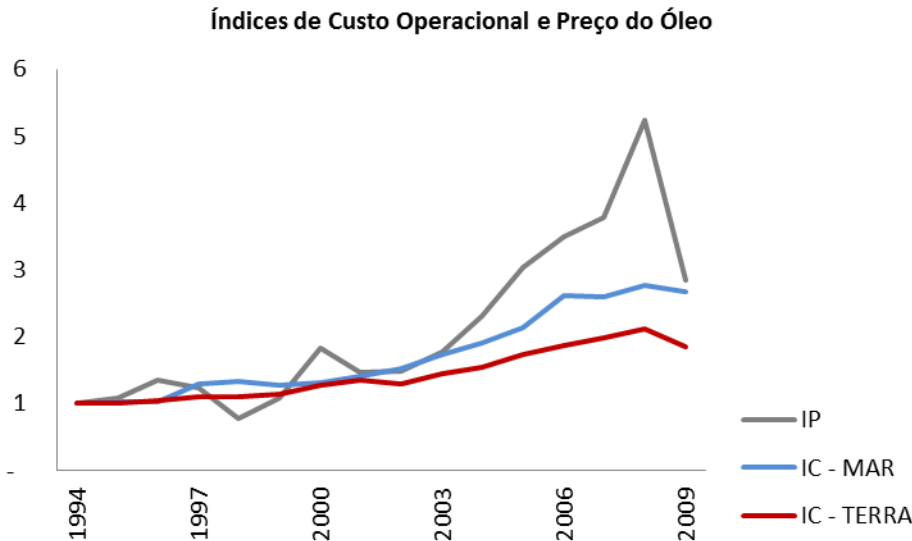


Figura 2: Gráfico dos Índices de Custo Operacional e Preço do Óleo de 1994 até 2009

Como pode ser observado pelos dados da Tabela 1 e graficamente pela Figura 2, a tendência de crescimento dos índices de custo operacional que vem ocorrendo desde 1994, cessou em 2009. A queda abrupta do preço do óleo em 2009 fez com que, segundo EIA (2010), o custo com os combustíveis sofresse uma redução. Ainda de acordo com EIA (2010), o custo com o serviço de intervenção em poços, que representa uma parcela significativa dos custos operacionais totais, também reduziu.

Nota-se também que entre 1994 e 2008 os índices de custo operacional variaram menos que o índice de preço do óleo. Até 2008, enquanto o índice de preço do óleo cresceu 425%, o índice de custo operacional para campos marítimos cresceu 177% e para campos terrestres, 112%. Esta diferença na taxa de crescimento reduz-se ao incorporar no cálculo a queda do preço do óleo em 2009. Considerando as séries de dados na íntegra, o índice de preço do óleo cresceu 184% entre 1994 e 2009, enquanto que o crescimento dos índices de custo para campos terrestres e marítimos foi, respectivamente, 84% e 167%.

O importante a citar é que uma análise preliminar dos dados expostos permite perceber que ambos os índices de preço e custo apresentaram tendência de crescimento entre 1994 e 2008. A variação negativa do índice de custo no ano de 2009 pode ser explicada pela variação também negativa do preço do óleo. Assim, a hipótese de dependência entre estas duas variáveis parece ser razoável.

Percebe-se também que os índices de preço e custo, apesar de seguirem, de uma forma geral, a mesma direção nos últimos anos, não apresentam a mesma variação percentual. Ou seja, existe uma elasticidade tal entre os índices de preço e custo que precisa ser estimada.

Além disso, por esta análise preliminar é possível observar que as relações de dependência entre o índice de preço e índice de custo para os campos terrestres e marítimos podem ser distintas.

Na próxima seção, a metodologia de análise de regressão linear será aplicada aos dados históricos e permitirá, assim, aprofundar esta análise preliminar.

4.2

Regressão Linear

A fim de investigar a relação existente entre o índice de preço do óleo e índice de custo operacional, será utilizada a metodologia de regressão linear apresentada no Capítulo 3. Para realizar todas as estimativas e testes, será utilizado o programa *EViews* 7.1.

A variável explicativa X será o índice de preço do óleo, enquanto que a variável dependente Y será o índice de custo operacional. Duas equações de regressão do tipo $Y_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{u}_i$ serão estimadas, uma para o grupo Campos Marítimos, e outra para o grupo Campos Terrestres. Os valores de Y_i , como já citado anteriormente, serão representados pela média aritmética simples dos índices de custo operacional de todas as classes divulgadas em EIA (2010) pertencentes àquele grupo.

Uma vez estimadas as equações, será possível encontrar os valores dos coeficientes de regressão $\hat{\beta}_1$ e $\hat{\beta}_2$. Nesta pesquisa, o coeficiente de regressão $\hat{\beta}_2$ será chamado de módulo *PECE*.

As variâncias dos coeficientes de regressão, $Var(\hat{\beta}_1)$ e $Var(\hat{\beta}_2)$, também serão estimadas. Além disso, será aferida a qualidade de ajustamento da regressão. Para tal, será calculado o coeficiente de determinação r^2 .

Os testes de homocedasticidade e ausência de correlação dos resíduos também serão aplicados às séries de dados dos dois grupos de campos.

4.2.1

Resultados

De posse dos valores históricos dos índices de custo operacional e preço do óleo entre 1994 e 2009, é possível notar pelo gráfico de dispersão da Figura 3 que há uma correlação positiva entre as duas variáveis. De uma forma geral, na medida em que há um aumento no índice de preço do óleo, observa-se um crescimento do índice de custo operacional.

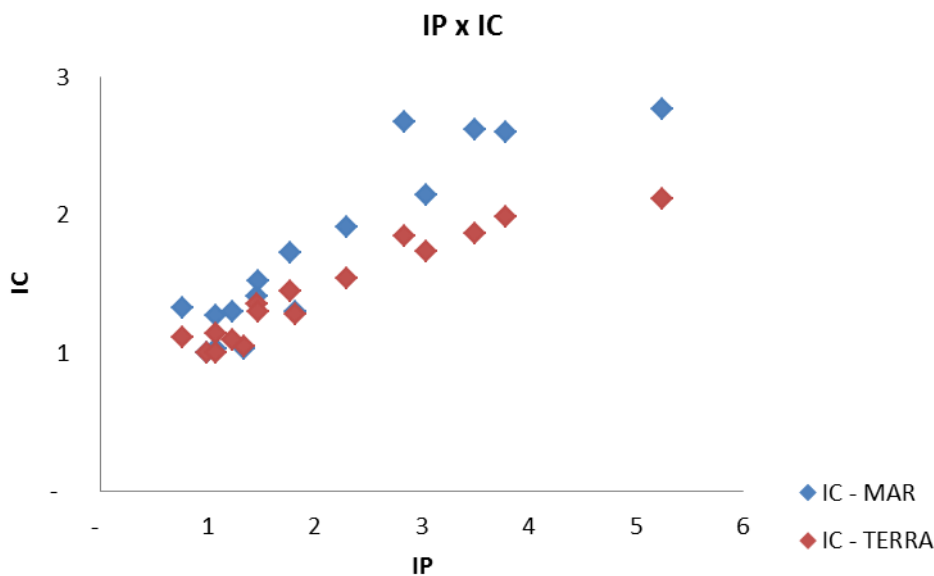


Figura 3: Gráfico de Dispersão dos Índices de Custo Operacional e Preço do Óleo

A regressão de uma variável na outra, ou seja, do índice de custo no índice de preço, permite estimar os coeficientes de regressão, as respectivas variâncias e o coeficiente de determinação. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da Regressão Linear Simples

	$\hat{\beta}_1$	$Var(\hat{\beta}_1)$	$\hat{\beta}_2$	$Var(\hat{\beta}_2)$	r^2
Campos Terrestres	0,827	0,00361	0,284	0,000609	0,904
Campos Marítimos	0,742	0,0179	0,466	0,00302	0,836

Às séries de dados também foi aplicado o teste de White com o objetivo de avaliar a presença de heterocedasticidade. Foi testada a hipótese nula de variância constante dos termos de erro para os dois grupos. A Tabela 3 apresenta os valores da estatística de teste nr^2 e o valor crítico do χ^2 para o nível de significância α de 5%, com dois graus de liberdade.

Tabela 3: Resultados do Teste de White

	<i>Campos Terrestres</i>	<i>Campos Marítimos</i>
nr^2	3,83	1,99
$\chi^2_{2;0,05}$	5,99	

A Tabela 3 mostra que, para os dois grupos, o tamanho da amostra $n=16$ multiplicado pelo r^2 da regressão auxiliar $\hat{u}_i^2 = \alpha_1 + \alpha_2 X_i + \alpha_3 X_i^2 + v_i$ não excede o valor crítico da distribuição do χ^2 , com dois graus de liberdade e nível de significância de 5%. Ou seja, o teste de White indica que neste nível de significância as duas séries de dados atendem a Hipótese 4 do modelo clássico de regressão linear conhecida como Hipótese de Homocedasticidade.

A hipótese de ausência de correlação serial também foi testada. Para tal, foi aplicado o teste de Durbin-Watson. A estatística de teste d foi calculada para ambos os grupos e os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados do Teste de Durbin-Watson

	<i>Campos Terrestres</i>	<i>Campos Marítimos</i>
D	1,67	1,83

Os limites inferior e superior d_L e d_U correspondentes ao número de observações $n=16$ e uma variável explicativa, foram extraídos da tabela de Durbin-Watson para o nível de significância α de 5%. Os valores de d_L e d_U estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5: Limites d_L e d_U de Durbin-Watson

	d_L	d_U
$\alpha = 0,05$	1,10	1,37

De posse dos valores de d_L e d_U , foi possível construir os intervalos de rejeição, não-rejeição ou indecisão em relação à hipótese nula de ausência de correlação serial. A Figura 4 apresenta os intervalos para o nível de significância de 5%.

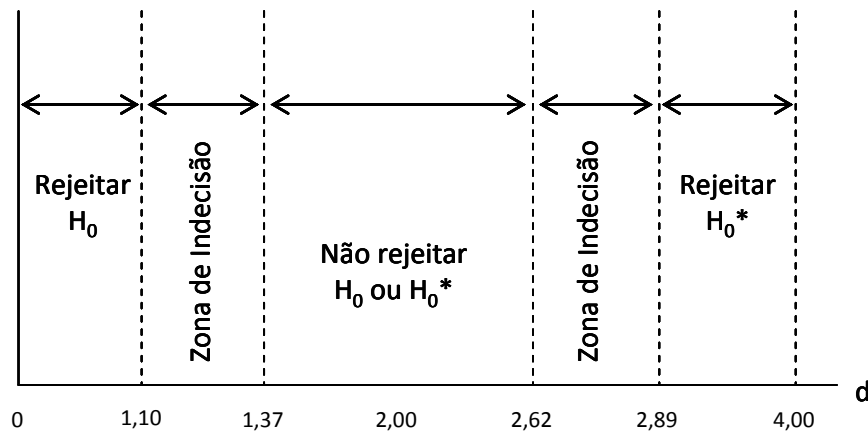


Figura 4: Intervalos do teste de Durbin-Watson

Na Figura 4, a hipótese nula H_0 corresponde à ausência de correlação positiva entre os termos de erro, enquanto que H_0^* corresponde à ausência de correlação negativa.

Os valores calculados de d , tanto para o grupo Campos Terrestres, como para o grupo Campos Marítimos, encontram-se no intervalo de não rejeição da hipótese nula de ausência de correlação serial. Conclui-se, portanto, que no nível de significância de 5%, as séries de dados para os dois grupos de campos atendem à Hipótese 5 do modelo clássico de regressão linear conhecida como Hipótese da Ausência de Correlação dos Resíduos.

4.2.2

Análise dos Resultados

A aplicação da metodologia de análise de regressão linear simples resultou em diferentes coeficientes angulares, ou módulos *PECE*, para os dois grupos de campos. Enquanto que o módulo *PECE* para campos terrestres foi de 0,284, para campos marítimos foi estimado em 0,466. Ou seja, estas séries de dados dão uma indicação de que os custos operacionais de campos localizados no mar são mais sensíveis às variações do preço do óleo. Este resultado já era esperado, uma vez que campos marítimos requerem estruturas mais complexas de produção e muitos serviços são prestados por terceiros, que podem balizar os custos dos serviços pelo nível de preço do óleo.

Segundo Porter (1986), há forças competitivas básicas que dirigem a concorrência da indústria. Dentre estas forças pode-se citar o poder de negociação dos fornecedores. Operações marítimas, como por exemplo intervenções nos poços, muitas vezes são realizadas por companhias de serviços. Como não são muitas as companhias no mundo que detém a tecnologia necessária para realizar tais operações, o poder de negociação dos fornecedores tende a ser elevado. Em ambientes terrestres este poder é reduzido, uma vez que as operações são relativamente mais simples e por isso há mais companhias que competem para prestar os serviços. Este diferente grau de competitividade pode ser uma das causas que leva a uma maior elasticidade do custo em relação ao preço do óleo em campos marítimos.

É importante citar também que estes resultados são válidos para uma série histórica relativa aos campos localizados nos EUA. Em outras regiões do mundo os valores do módulo *PECE* podem variar. Isto ocorre não só por uma possível mudança no número e poder de fornecedores. Ainda segundo Porter (1986), outra força que dita a concorrência na indústria é a rivalidade entre as empresas existentes.

Alguns países, como o Brasil, por exemplo, tiveram seus mercados abertos à livre concorrência recentemente. Todavia, algumas regiões, mesmo no mundo globalizado, ainda possuem um menor número de companhias petrolíferas, reduzindo assim a competitividade. Logo, o poder de barganha das companhias petrolíferas em relação às prestadoras de serviço pode ser maior. Esta estrutura

diferente de mercado pode fazer com que a elasticidade entre o preço e o custo operacional também seja diferente. É de se esperar, portanto, que em países com poucas companhias explorando e produzindo petróleo, a elasticidade do custo em relação ao preço seja menor.

O Governo também tem papel fundamental na estrutura competitiva de mercado, segundo Porter (1986). Atos de regulamentação governamental podem, por exemplo, impor limites ao comportamento das empresas. Assim, países com forte regulamentação do governo podem apresentar respostas menos expressivas do custo operacional em função da variação do preço do óleo.

Ainda sobre as séries de dados analisadas, cabe ressaltar que a relação de dependência entre os índices de custo operacional e preço do óleo só foi avaliada no período entre 1994 e 2009. Neste período, o preço do óleo apresentou comportamento predominantemente crescente. Isto implica o desconhecimento da elasticidade entre estas duas variáveis em cenários de preços decrescentes, que pode ser diferente do cenário analisado. Contudo, nesta pesquisa será considerado que as elasticidades entre os índices, tanto em cenários de preços crescentes como decrescentes, serão as mesmas.

Além disso, o modelo linear de dependência entre os preços e custos tem como implicação o fato que, independente dos patamares alcançados pelo preço do óleo, o valor do módulo *PECE* será constante. Essa será uma premissa adotada nesta pesquisa, mas que pode não ser verdade quando o óleo atingir diferentes níveis de preço.

Outro ponto importante a destacar é o resultado dos testes de Homocedasticidade e Ausência de Correlação dos Resíduos. Para os dois grupos de campos analisados, os resultados mostraram que as séries de dados não apresentaram heterocedasticidade, nem correlação serial dos resíduos. Porém, segundo Gujarati e Porter (2011), em séries econômicas e financeiras, é esperado que a variância do erro não seja constante e que haja correlação dos termos do erro. Assim, para trabalhos mais específicos sobre modelos econométricos, sugere-se aplicar diferentes testes às séries de dados, além de considerar níveis de significância mais elevados.

4.3

Considerações Finais

Neste capítulo foram analisadas séries históricas de índices de custo operacional e preço do óleo para dois grupos de campos, Campos Terrestres e Campos Marítimos. A metodologia de análise de regressão linear simples foi aplicada às séries e, desta forma, foram obtidas as estimativas dos coeficientes de regressão e as respectivas variâncias para ambos os grupos. Foram estimados também os coeficientes de determinação, cujos resultados indicaram boa qualidade do ajustamento da regressão.

Os testes de White e de Durbin-Watson foram realizados a fim de testar a presença de heterocedasticidade e de correlação serial, respectivamente. Os dois testes indicaram a não-rejeição das hipóteses nulas de homocedasticidade e ausência de correlação dos resíduos. Diante desta avaliação, todas as hipóteses do modelo clássico de regressão linear foram aceitas e não foram aplicadas medidas corretivas às séries.

O valor estimado de $\hat{\beta}_2$ é um importante resultado para esta pesquisa. Isto porque o mesmo representa o módulo *PECE*, que indica em qual medida o custo operacional varia dada uma alteração do preço do óleo.

Conforme já discutido, o custo operacional tem importância fundamental no processo de estimativa de reservas. Custos operacionais superestimados ou subestimados podem levar a uma estimativa imprecisa das reservas. Assim, para uma boa previsão dos custos operacionais, é importante levar em consideração influências externas que alteram o valor desta variável. Percebe-se pelos resultados apresentados neste capítulo que o preço do óleo é um fator externo que tem grande influência no comportamento dos custos operacionais.

Portanto, os valores do módulo *PECE* e das respectivas variâncias estimados neste capítulo servirão de insumo para o estudo de caso que será apresentado no Capítulo 6.