

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Causas de perda de produção que geram intervenção de manutenção em poço

AUTORES:

Paola Adriana Coca Suaznabar¹; Celso K. Morooka¹; Kazuo Miura²

INSTITUIÇÃO:

1. Universidade Estadual de Campinas

2. Centro de Pesquisas (CENPES), PETROBRAS.

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8º PDPETRO.

CAUSAS DE PERDA DE PRODUÇÃO QUE GERAM INTERVENÇÃO DE MANUTENÇÃO EM POÇO

Abstract

Along the lifetime cycle of a development well in an oilfield, maintenance interventions are performed due to lost production, with the purpose to maintain the rate or reestablish the well production. The present study aims to determine types of causes of lost production in maritime regions, due to the increment of offshore production in the last years and challenges such as water depth and environmental issues. Knowledge of the causes of lost production is necessary to identify possible solutions which may prevent, ease and minimize intervention. Literature of the last twenty years from academic, industrial and governmental reports was the basis of this study. The search and analysis was accomplished in three steps: selection of maritime regions, execution of bibliography research for the selected maritime regions and consolidation of bibliography research. The selected maritime regions were: Campos Basin, Gulf of Mexico and North Sea. Three main types of causes of lost production were identified: flow (a), integrity (b) and reservoir (c).

Introdução

O desenvolvimento da produção corresponde ao maior tempo do ciclo de vida do poço. Durante este período pode ocorrer perda na produção por diferentes causas. Isto é considerado um dos principais problemas na indústria de petróleo, pois representa grandes perdas econômicas e de tempo. A perda de produção resulta em intervenções de manutenção, denominadas desta forma devido ao fato de que a manutenção da produção tem a finalidade de corrigir problemas no poço para manter o nível da produção ou restabelecer a produção no poço (GARCIA, 1997). As intervenções normalmente são operações demoradas com custos elevados e implicam na interrupção da produção, sendo que em algumas ocasiões são necessárias interrupções definitivas da produção resultando em abandono do poço.

O conhecimento das causas de perda de produção é fundamental para que o projetista de poços antecipe a possibilidade de sua ocorrência e proponha possíveis soluções, obtendo assim a melhora do projeto de desenvolvimento e o projeto de intervenção, além de prevenir, facilitar e minimizar a intervenção de manutenção no poço e manter um nível contínuo de produção.

Para identificar as causas de perda de produção foi necessária a busca e análise da literatura de relatórios acadêmicos, industriais e governamentais dos últimos vinte anos; o estudo foi abordado para três regiões marítimas: Bacia de Campos, Golfo do México e Mar do Norte.

Os passos que foram necessários para o desenvolvimento do trabalho são detalhados posteriormente, e os resultados apontam três principais tipos de causas de perda de produção (a) escoamento, (b) integridade e (c) reservatório. Além disso, as causas de perda de produção podem ocorrer dependendo das condições ambientais, tipo de completação, lâmina de água, características do reservatório e caracterização do hidrocarboneto de cada região.

Procedimento de busca de causas de perda de produção na literatura

Conforme exposto anteriormente, as causas de perda de produção representam grandes perdas econômicas na indústria. No presente trabalho, será realizada uma busca na literatura para identificar as causas de perda de produção que geram intervenção de manutenção em poços de petróleo em diferentes regiões marítimas, de acordo com os passos apresentados na Fig. 1.

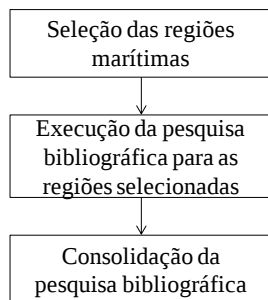


Figura 1. Passos para a busca da literatura

Para realizar a pesquisa bibliográfica foi necessário determinar a abrangência da mesma; desta forma, o primeiro passo foi selecionar as regiões a serem estudadas. O presente estudo será especificamente para regiões marítimas devido ao aumento da produção *offshore* nos últimos anos e aos desafios que apresenta em consequência das grandes profundidades e condições ambientais severas (MOROOKA; CARVALHO, 2011). A escolha foi baseada em dois critérios: produção representativa *offshore* de petróleo e disponibilidade de informação.

Para a seleção das regiões marítimas em função da produção de petróleo, foi necessária a busca de dados de produção de petróleo por regiões; uma vez selecionadas as regiões marítimas representativas, avaliou-se a disponibilidade da informação em função do início da produção marítima na região.

O segundo passo foi a execução da pesquisa bibliográfica, baseado na busca e análise da literatura de relatórios acadêmicos, industriais e governamentais dos últimos vinte anos, com o objetivo de identificar e agrupar as causas de perda de produção para as regiões marítimas selecionadas.

Para este passo, realizou-se inicialmente a seleção de palavras-chave sendo o foco de estudo a perda de produção e intervenção de poço, assim as palavras-chave principais foram: perda de produção (*lost production*), intervenção de poço (*well intervention*), manutenção da produção (*maintenance production*), poço de petróleo (*oil well*), causa (*cause*), falha (*failure*) e região marítima selecionada.

Estas palavras-chave foram utilizadas no processo de busca e foram inseridas nos seguintes bancos de dados especializados de informação para a busca de artigos, teses e dissertações: OnePetro, ScienceDirect, Scopus, BIBSYS Brage, DiVA e Acervus Unicamp. A partir da pesquisa das bases escolhidas, foram filtrados diversos artigos baseados na leitura dos resumos. As referências bibliográficas citadas nestes artigos, teses e dissertações também foram consideradas neste processo de busca.

Depois de realizada a seleção dos diversos artigos, teses e dissertações, foi feito um novo processo de busca para obter informação mais detalhada das causas de perda para cada região marítima, inserindo-se novas palavras-chave nos bancos de dados, por exemplo, “*failure, hydrates, deposition, Campos Basin*”.

Da literatura analisada, conseguiu-se identificar artigos, dissertações e teses das diferentes fontes que foram relevantes para o desenvolvimento do trabalho. Na Tab. 1 se apresentam as fontes e quantidade de literatura relevante, sendo as principais instituições: *Society of Petroleum Engineer* (SPE), *Offshore Technology Conference* (OTC) e a *Norwegian University of Science and Technology* (NTNU). As duas primeiras são disponibilizadas no banco de dados do OnePetro, no qual a maioria

das empresas apresenta os problemas que ocorreram na produção do poço, e a última é disponibilizada no banco de dados DiVA, e apresenta informações de estudos feitos para a integridade do poço.

Tabela 1. Fontes utilizadas e quantidade de artigos relevantes.

Fonte		Quantidade de artigos relevantes
OnePetro	Society of Petroleum Engineer	15
	Offshore Technology Conference	9
Norwegian University of Science and Technology		8
University of Stavanger		2
Universidade Estadual de Campinas		4
Universidade Federal do Rio de Janeiro		3
ScienceDirect		2
Universidade Estadual do Norte Fluminense		1
Cranfield Institute of Technology		1
TOTAL		42

No terceiro e último passo se fez a consolidação da pesquisa bibliográfica, com o propósito de estruturar as causas de perda de produção para cada região visto que as causas de perda não são necessariamente comuns em todas as regiões, pois cada região apresenta características particulares. Com este último passo foi possível identificar três resultados: quais das causas de perda têm maior informação, região que apresenta maior informação em relação às causas de perda e a principal causa de perda para cada região. Este resultado é muito importante porque assim podem ser propostas soluções para prevenir e evitar a recorrência das mesmas durante a produção ou para futuros poços de desenvolvimento.

Resultados e Discussão

Seguindo o procedimento de busca descrito anteriormente, nesta seção serão apresentados os resultados obtidos para a seleção das regiões marítimas, causas de perda de produção e consolidação da pesquisa bibliográfica.

Regiões Marítimas Selecionadas

Para o primeiro passo, de acordo aos dos critérios mencionados anteriormente, foram selecionadas para este estudo as seguintes regiões marítimas: Bacia de Campos, Mar do Norte e Golfo do México.

A Fig. 2 mostra a porcentagem de produção mundial de petróleo. Segundo a (JPT, 2015; EIA, 2015), em dezembro de 2014 a produção de petróleo nas regiões marítimas representou um terço da produção mundial de petróleo que foi de 79,3 MMBOPD (milhões de barris de óleo por dia). As regiões marítimas representativas foram: Mar do Norte, Brasil, Angola e Golfo do México que juntos produziram 8,3 MMBOPD, o que representou 10,4% da produção total de petróleo logo após os principais países produtores (Rússia e Arábia Saudita) e 31,3% da produção *offshore* que foi de 26,4 MMBOPD.

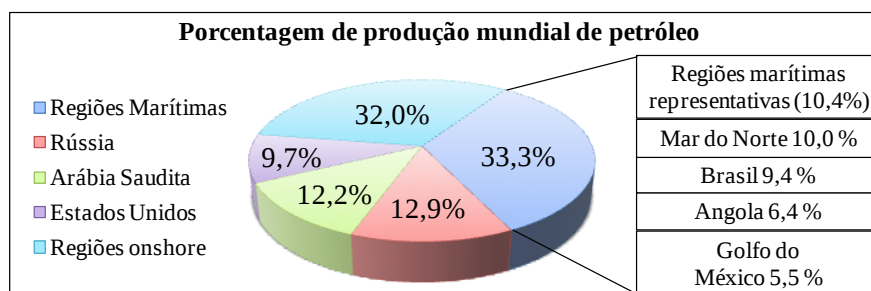


Figura 2. Produção Mundial de Petróleo (JPT, 2015; EIA, 2015).

No Brasil, selecionou-se a Bacia de Campos, que representa 72,1% da produção total de petróleo do país de acordo com ANP (2014). Angola foi descartada do estudo, pois possui pouco histórico no desenvolvimento da produção, visto que as primeiras produções foram em 2001 com o campo Girassol e 2003 com o campo Jasmim.

Conhecer o contexto de cada região é importante (condições ambientais, tipo de plataforma, tipo de completação e lâmina de água), já que pode influir nas causas de perda de produção de cada região. A Bacia de Campos apresenta condições ambientais moderadas com correnteza média, plataformas de produção flutuantes (FPSO), completação submarina e lâmina de água profunda a ultraprofunda. No Mar do Norte, condições ambientais severas com correnteza alta, a maioria dos campos apresentando plataforma de produção fixa, completação seca e lâmina de água rasa a profunda (70 – 400 m). No Golfo do México as condições ambientais são calmas, mas com furações e correntes tipo *loop current*, plataforma de produção de pernas atirantadas (TLP) e SPAR, completação seca e lâmina de água profunda a ultraprofunda (BARTON, 2015; TODD; REPLOGLE, 2010). Outros fatores que podem influir nas causas de perda são a caracterização do hidrocarboneto e o reservatório.

Causas de Perda de Produção

Seguindo a sequência de passos apresentados no processo de busca, após a seleção das regiões marítimas e com os resultados da análise da literatura conseguiu-se identificar diferentes tipos de causa de perda de produção que levam a intervenções durante o desenvolvimento da produção. As mesmas foram descritas por diferentes autores conforme apresentado a seguir:

Baker (1980) identificou que as causas que levam a uma intervenção podem ser devido a: produção excessiva de gás ou água, produção restringida de hidrocarbonetos, produção de areia, falhas nos equipamentos e declínio de reservatórios.

Moreira (1993) afirmou que as intervenções feitas em um poço durante a fase de desenvolvimento podem ser devidas a diferentes motivos, dependendo tanto da confiança do equipamento de completação quanto do reservatório e das características dos hidrocarbonetos produzidos.

Frota (2003) fez uma coleta de dados de um período de intervenções de doze anos na Bacia de Campos e agrupou as principais causas de intervenção em três categorias de acordo com a correlação entre as mesmas: escoamento, mecânica e integridade. Os principais motivos apontados para a causa das intervenções foram: hidratos (19%), falha mecânica no *flowline* (12%), falha mecânica na árvore de natal molhada (ANM) (10%) e reservatório (10%).

Rodrigues, et al (2007) identificou que as causas de perda de produção na Bacia de Campos para campos maduros foram deposições orgânicas na formação, interface entre a formação e a parede do poço, coluna e *flowline*; produção de areia e migração de finos.

Vignes (2011) e King e King (2013) apresentaram equipamentos do poço completado que falharam e resultaram em vazamentos provocando perda de produção, para as regiões do Mar do Norte e do Golfo do México.

No presente estudo baseado nestas referencias conseguiu-se agrupar as causas de perda de produção em quatro tipos, em função das semelhanças entre as mesmas:

- Escoamento: queda de fluxo não intencionada de óleo devido ao aumento de perda de carga no sistema poço/linha, que é influenciado pelo contexto de cada região.

- Integridade: vazamento ou ameaça de vazamento significativo do sistema poço/linha ao meio ambiente.
- Reservatório: queda de produtividade devido a dano ao redor do poço.
- Gestão de reservatórios: problemas inerentes à engenharia de reservatórios, como locação inadequada de poços.

Com o agrupamento feito para as diferentes causas de perda de produção e com os dados de intervenções apresentados por Frota (2003), obteve-se que a integridade foi a maior causa de perda de produção, seguida do escoamento, reservatório e gestão de reservatórios como é mostrado na Fig. 3.

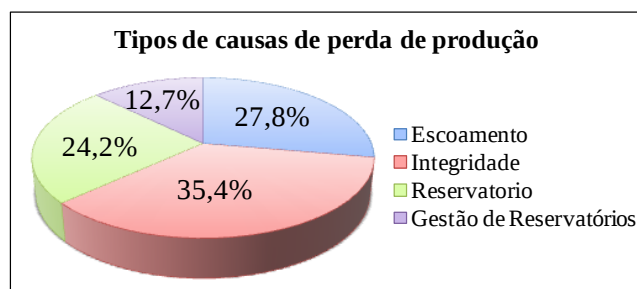


Figura 3. Tipos de causas de perda de produção, Frota (2003).

Neste trabalho serão abordados três tipos de causa de perda de produção: integridade, reservatório e escoamento, que representam 87,4% das causas de perda de produção que geram intervenção de manutenção e que podem ser solucionadas com a engenharia de poços¹. A gestão de reservatórios não será considerada, pois são problemas inerentes à engenharia de reservatórios. Na Tab. 2 são apresentadas as causas para cada tipo de perda de produção:

Tabela 2. Tipos e causas de perda de produção

Escoamento	Integridade		Reservatório
	Completação seca	Completação submarina	
- Hidratos - Parafinas - Asfaltenos - Sulfato de bário - Sulfato de estrôncio - Sulfato de cálcio - Carbonato de cálcio - Materiais radioativos de ocorrência natural (NORM)	- Cabeça de poço - Revestimento de produção - Coluna de produção - Válvula de segurança (DHSV) - Válvula de segurança anular (ASV) - Válvula de <i>gas lift</i> (VGL) - Cimento - <i>Packer</i>	- Arvore de Natal Molhada (ANM) - Base adaptadora de produção (BAP) - Válvula de segurança (DHSV) - Revestimento de produção - Coluna de Produção - <i>Flowline</i>	- Produção excessiva de água - Produção excessiva de gás - Produção de areia - Migração de finos

Consolidação da pesquisa bibliográfica

Com a literatura encontrada conseguiu-se estruturar a Tab. 3, na qual se apresenta os tipos de causas de perda de produção e a quantidade de literatura encontrada para cada região. A quantidade de literatura representa a relevância das causas de perda na região.

De um total de 196 relatórios, obtiveram-se 144 relatórios para as causas de perda de produção por região, do restante da literatura identificaram-se características de cada causa de perda, condições e fatores das causas de perda de produção e possíveis soluções.

¹ Segundo Miura (2004) a engenharia de poços é um ramo de engenharia que cuida das atividades de projeto, construção e reparo do poço de petróleo.

Tabela 3: Estruturação da literatura

Tipos de causa de perda de produção	Região marítima			TOTAL
	Bacia de Campos	Mar do Norte	Golfo do México	
Escoamento	51	21	19	89
Integridade	7	23	8	38
Reservatório	5	6	4	15
TOTAL	61	51	30	144

Como é observado na Tab. 3, tanto para a Bacia de Campos como para o Golfo do México o tipo de causa de perda de produção de maior relevância foi o escoamento, seguido de integridade e reservatórios. No Mar do Norte o de maior relevância foi a integridade, seguido do escoamento e reservatórios.

Analisando a quantidade de informação por regiões, a Bacia de Campos apresentou maior quantidade de informação, seguida do Mar do Norte e por último o Golfo do México. Do total de informação a maior quantidade foi sobre escoamento, seguido de integridade e por último o reservatório, que não foi relevante tanto no total da informação como para cada região.

Sabendo a principal causa de perda em cada região podem-se propor diferentes soluções para evitar a ocorrência durante a produção ou em futuros poços de desenvolvimento.

Conclusões

Seguindo o procedimento do trabalho obteve-se uma informação abrangente das regiões marítimas estudadas, sendo possível determinar as causas de perda de produção para cada região, assim se identificaram três principais tipos de perda de produção que geram intervenção de manutenção inerente à engenharia de poços: escoamento devido ao aumento de carga no sistema poço/linha; integridade devido a vazamentos do sistema poço/linha e reservatório, referente a danos ao redor do poço.

De acordo a quantidade de informação encontrada, a principal causa de perda de produção para a Bacia de Campos e o Golfo do México é o escoamento e para o Mar do Norte a integridade. Tanto no total da literatura como para cada região o reservatório não é relevante. Conhecendo as principais causas de perda de produção podem ser propostas diferentes soluções para prevenir, facilitar ou minimizar as intervenções de manutenção.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e Petrobras pelo apoio a presente pesquisa.

Referências Bibliográficas

BAKER, R. PETROLEUM EXTENSION SERVICE. **Well service and workover profitability**. Well servicing and workover. Ed. 2. Austin, TX: IADC, 1991. 12, 1 – 25.

BARTON, C.; HAMBLING, H. Deepwater solutions & records for concept selection. **Offshore Magazine**, Houston TX, mai 2015.

BIBSYS. Brage Apne institusjonsarkiv. Disponível em: <<http://brage.bibsys.no/xmlui/>>. Acesso em: 10 nov 2014.

ANP. Boletim da produção de petróleo e gás natural. Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 01 jul 2015.

DiVA. Digitala Vetenskapliga Arkivet. V.2.8.3. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/smash/search.jsf?dswid=-1705>. Acesso em: 10 nov 2014.

EIA. Independent Statistics & Analysis. U.S Energy Information Administration. 2015. Disponível em: < <http://www.eia.gov/>>. Acesso em: 01 jul 2015.

FROTA, H.M. **Desenvolvimento de método para planejamento da manutenção de poços petrolíferos em águas profundas**. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé, RJ, 2003.

GARCIA, J.E.L. A completção de poço no mar. Apostila. PETROBRAS, 1997.

JPT - Journal of Petroleum Technology. United Kingdom: Ed. 67, jun. 2015.

KING, G.E.; KING, D.E. Environmental risk arising from well-construction failure-differences between barrier and well failure, and estimates of failure frequency across common well types, locations, and well age. **SPE Production & Operations**, v.28, n. 04, p. 323-344, nov. 2013.

MIURA, K. **Um estudo sobre a segurança operacional na construção e reparo de poços marítimos de petróleo**. 2004. 710 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Petróleo) – Departamento de Engenharia de Petróleo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

MOREIRA, J.R.F. **Reliability of Subsea Completion Systems**. 1993. 236 p. Dissertação (Master of Science) Cranfield Institute of Technology, School of Industrial and Manufacturing Science, Cranfield, 1993.

MOROOKA, C. K.; CARVALHO, M. D. B. M. Evaluation of alternatives for offshore petroleum production system in deep and ultradeep water depth. In: PROCEEDINGS OF THE ASME 2011 30TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON OCEAN, OFFSHORE AND ARTIC ENGINEERING, OMAE 2011-49978, 2011, Rotterdam, The Netherlands, jun 2011.

OnePetro. Banco de dados. 2014. Disponível em: < <https://www.onepetro.org/>>. Acesso em: 03 nov 2014.

RODRIGUES, V.F. et al. Formation damage history in the mature fields of Campos basin offshore Brazil. In: EUROPEAN FORMATION DAMAGE CONFERENCE, SPE 106389, 2007, Scheveningen, The Netherlands, mai/jun 2007.

SANGESLAND, S. **Subsea Well Intervention**. Noruega 2010. University of Stavanger.

Sciencedirect. Banco de dados. 2014. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: 03 nov 2014.

Scopus. Banco de dados. 2014. Disponível em: < <http://www.scopus.com/>>. Acesso em: 03 nov 2014.

TODD, S.; REPLOGLE, D. Thunder horse and Atlantis: the development and operation of twin giants in the deepwater gulf of Mexico. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, OTC 20395, 2010, Houston, Texas, mai 2010.

VIGNES, B. **Contribution to well integrity and increased focus on well barriers from a life cycle aspect**. 2011. 364p. These (Philosophiae Doctor) Faculty of Science and Technology. University of Stavanger. Stavanger, 2011.