

VITOR HIDEO KOMATSU

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS REVISÕES 3 E 4 DA NORSOK D-010  
E MINUTA DA ANP SOBRE A INTEGRIDADE DE POÇOS DE PETRÓLEO NA  
PERFURAÇÃO**

São Paulo

2015

VITOR HIDEO KOMATSU

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS REVISÕES 3 E 4 DA NORSOK D-010  
E MINUTA DA ANP SOBRE A INTEGRIDADE DE POÇOS DE PETRÓLEO NA  
PERFURAÇÃO**

Trabalho de Formatura em Engenharia de  
Petróleo do curso de graduação do Departamento  
de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Marcio Yamamoto

São Paulo

2015

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Rose, pela dedicação incondicional à minha educação, além de ser um exemplo de perseguição aos sonhos sempre com um sorriso no rosto. Ao meu pai, Pedro, pelo exemplo de conquistas a partir de trabalho duro e inteligência. À minha irmã, Melissa, pelo carinho e apoio em todas as minhas decisões; por mais controversas que sejam. A todos os meus avós, pela luta incessante durante toda a vida, que me inspira a cada dia.

À minha namorada, companheira e melhor amiga, Fernanda, pelo apoio e incentivo em tudo na minha vida; por me ouvir nos bons e maus momentos e sempre aconselhar com sinceridade. E me acompanhar em todas as iniciativas de conhecer tudo o que esse mundo pode oferecer de bom.

A todos os meus professores; sejam do colégio, da universidade, das aulas de piano ou meus treinadores de tênis. Por todos os ensinamentos em técnicas, disciplina, ética e atitudes vencedoras.

À Escola Politécnica; por todos os momentos de pressão, dificuldades e estudos que invadiam a madrugada, mas que me fizeram crescer e amadurecer.

Aos meus amigos politécnicos Bernardo, Adriano, Eduardo Moretti, Heitor e Lucas Lipas; pelas discussões, risadas e por ajudarem a tornar os tempos de faculdade os melhores. Aos amigos do curso de Petróleo; Felipe, João, Raphael e Pedro, por me acompanharem até o final da graduação na Poli.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Yamamoto, por aceitar me orientar, ter me providenciado todo o necessário para a realização deste Trabalho de Formatura e alavancado o curso de Engenharia de Petróleo da Escola Politécnica.

## RESUMO

Indiscutivelmente um dos ramos da indústria que mais movimentam investimentos e que mais obtém retorno, a Exploração e Produção de petróleo e gás natural se apoiam no desenvolvimento tecnológico, envolvendo equipamentos e conhecimento para suprir as crescentes necessidades energéticas mundiais. Ainda assim, esse ramo também é conhecido pelos persistentes riscos de acidentes catastróficos, como os blowouts, podendo levar vidas humanas e destruir o ecossistema local.

O exemplo notável mais recente e de maior repercussão é o terrível acidente no Golfo do México, campo de Macondo em 2010, no qual falhas humanas e sistemáticas relacionadas a Barreiras de Segurança permitiram a ocorrência de um blowout com gigantescos danos subsequentes. Tal evento botou em alerta os representantes da indústria petrolífera internacional, que de prontidão se manifestaram com recomendações para aprimoramentos de itens da norma norueguesa Norsok D-010.

O objetivo desse projeto se pauta pela revisão bibliográfica de artigos para obtenção de definições sobre Barreiras de Segurança, integridade de poços e causas do acidente de Macondo; além da análise da respeitada norma norueguesa sobre integridade de poços de petróleo na perfuração Norsok D-010; comparando os itens modificados e acrescentados entre suas revisões 3 e 4. Também é estudada a minuta (versão preliminar) da ANP sobre integridade de poços para efeito comparativo com a Norsok.

A conclusão deste trabalho se pauta pela efetividade nessas mudanças, de acordo com o que foi recomendado pelos *players* da indústria e pelas Associações e Federações norueguesas, e se as modificações cobrem as falhas do acidente de Macondo. É avaliado também se a minuta para a futura regulamentação da ANP corresponde a essas mudanças, para que haja maior organização e prevenção a acidentes na importante indústria do petróleo brasileira.

### **Palavras-chave**

**Macondo, Norsok D-010, Barreiras de Segurança, ANP, Integridade de Poço**

## ABSTRACT

Undoubtedly one of the most profitable industry sectors worldwide, Exploration and Production of oil and gas lean on technological development, involving equipment upgrades and human know-how to supply the rising planet's energetic demand. Nevertheless, these companies are known for its risks related to operational accidents, such as blowouts, which may destroy human lives and the region's ecosystems.

One remarkable recent incident, whose consequences took big repercussion over the world, was Macondo's blowout at the Mexican Gulf, in 2010, occurred by human and systematic failures related to Safety Barriers. Due to this event, the oil and gas industry's members were on alert to avoid other disasters, requesting Norwegian authorities to upgrade and improve some of NORSOK D-010 standards items.

The objectives of this project are based on literature review of articles to obtain Macondo's incident causes, Safety Barriers and Well Integrity definitions, and the changes requested. Also, the analysis of respected Norwegian standard about wells integrity on drilling activities NORSOK D-10, comparing modified and improved items between its 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> editions. The draft of ANP, the oil and gas industries' regulator organ of Brazilian government is also studied, comparing its wells' integrity items to NORSOK's.

The conclusions are going to consider the changes effectivity, according to Norwegian's Associations and industry players' requests; as well as the coverage to Macondo's failures. The assessment of the ANP's draft correspondence to these changes will also be checked; aiming to enhance the organization and accidents prevention at the impressive Oil and Gas Brazilian industry.

### **Key Words**

**Macondo, NORSOK D-010, Safety Barriers, ANP, Well Integrity**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 RELEVÂNCIAS E JUSTIFICATIVAS .....	8
1.2 OBJETIVOS .....	9
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Definições de Barreiras de Segurança e Conjunto Solidário de Barreiras (CSB).....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Barreiras de Segurança .....	11
3.1.2 Conjunto Solidário de Barreiras.....	13
<b>3.2 Acidentes Recentes .....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Deepwater Horizon – Campo de Macondo .....	14
3.2.2 Campo de Montara.....	14
3.2.3 Bacia de Campos – Campo de Frade.....	15
<b>3.3 Acidente de Macondo: Questões Técnicas e Fatores Gerenciais.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 NORSOK D-010: Motivações para a Revisão .....</b>	<b>17</b>
3.4.1 Mudanças da Norma: Correlações.....	19
3.4.2 Modificações nos Princípios Gerais .....	19
3.4.3 Modificações nas Atividades de Perfuração.....	23
3.4.4 Demais Modificações Relevantes .....	24
3.4.5 Mudanças nas Barreiras de Segurança .....	25
<b>3.5 Minuta da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).....</b>	<b>28</b>
3.5.1 Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP) .....	28
3.5.2 Elementos Críticos de Segurança Operacional: Barreiras de Segurança.....	29
3.5.3 Correlações com as Recomendações da OLF.....	29
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A modernidade e a tecnologia, que avançou de forma exponencial nos últimos anos desta década, trouxeram benefícios a diversos ramos do setor industrial, no que diz respeito ao aumento da produtividade, à qualidade dos produtos finais e do sistema de logística e, não menos importante, à segurança das operações. Neste contexto se insere a indústria do petróleo, imponente e detentora de cifras bilionárias e que, por meio de estudos científicos em vários países como a Noruega, os Estados Unidos e o Brasil, desenvolveram práticas e equipamentos que aumentam a produtividade das atividades de produção de óleo e gás; além de aumentar a segurança operacional das atividades de perfuração e produção.

Porém, apesar dessa evolução incessante dos meios de se obter as fontes de energia mais desejadas do planeta, esses sistemas de segurança não estão livres de possíveis falhas – sistemáticas e humanas. Tal afirmação é provada pelos acidentes recentes, como os *blowouts* (eventos catastróficos de vazamentos descontrolados de fluidos da formação para o meio ambiente) ocorridos no campo de Macondo, no Golfo do México em 2010; o acidente do campo de Montara, na costa australiana em 2009; e o blowout no campo de Frade, Bacia de Campos (Rio de Janeiro, Brasil), em 2011.

Para conter tais acidentes, normas reguladoras internacionais vêm sendo revisadas e atualizadas, como aconteceu com a respeitada norma norueguesa para integridade de poços de petróleo NORSOK D-010; cuja última revisão ocorreu em 2013, após os acidentes citados. O subsídio para tal contenção de acidentes vem da organização das Barreiras de Segurança, provenientes de equipamentos ou do próprio meio ambiente, tornando as atividades de perfuração mais seguras e mantendo as probabilidades de acidentes dentro do limiar aceitável definido pela análise de riscos.

## 1.1 RELEVÂNCIAS E JUSTIFICATIVAS

A existência de um mercado que a cada dia tem que produzir mais fontes de energia para um planeta cada vez mais dinâmico, faz da indústria do petróleo e gás natural uma das mais importantes e que enfrenta desafios crescentes, dado a sua complexidade oriunda da relação com o meio ambiente e a tecnologia.

Em contrapartida ao desenvolvimento de Barreiras de Segurança e materiais cada vez mais resistentes a pressões e falhas, acidentes envolvendo plataformas de exploração e produção em projetos bilionários são recorrentes, apesar de raros, mas com um impacto imensurável à natureza, todo seu ecossistema envolvido e às famílias de trabalhadores acidentados. Os casos mais bruscos envolvem kicks que evoluem para blowouts e, se não forem contidos, certamente trarão resultados fatais.

Na maioria dos casos, esses acidentes decorrem de uma somatória de falhas, tanto inerentes a equipamentos quanto humanas. A obrigação de contê-los traz à tona a necessidade de se estruturar e organizar medidas preventivas, relacionadas a Barreiras de Segurança e testes, por meio de normas aplicadas a todas as empresas e países envolvidos nos processos. Nesse contexto é que entra a Norsok, referência mundial em termos normativos da indústria do petróleo e que, apesar de já possuir uma vasta e completa gama de itens referentes a atividades de perfuração e atividades gerais, encontrou-se na necessidade de aprimorá-los, completando as lacunas deixadas pelos acidentes recentes.

Dessa forma, mostra-se relevante um estudo acerca das mudanças realizadas na edição mais recente da Norsok D-010, em 2013, além do andamento do projeto normativo da ANP e seus impactos positivos; essencial para reger a indústria de petróleo brasileira, indiscutivelmente uma das mais importantes no cenário mundial.

## 1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo analisar e comparar mudanças efetuadas na norma norueguesa NORSOK D-010, entre sua edição número 3 (2004) e sua edição número 4 (2013), referentes a Barreiras de Segurança e desenvolvida por associações e federações ligadas à indústria do petróleo e gás natural do país. Faz parte dos objetivos, também, analisar a minuta (versão preliminar) do órgão regulador brasileiro para o gerenciamento da integridade de poços, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Serão comparadas ambas as normas, no que diz respeito às atividades gerais e de perfuração.

Em paralelo às análises das normas, serão estudados os acidentes recentes mais graves com *blowout* no mundo; especialmente o acidente ocorrido no campo de Macondo, no Golfo do México (2010), na plataforma de *Deepwater Horizon*, e que em termos de repercussão foi o maior acidente da indústria do petróleo da história recente. Os estudos deverão levar em conta as causas técnicas e organizacionais, cujas falhas foram responsáveis por tais catástrofes ambientais.

A averiguação das motivações às mudanças nas normas também fará parte dos objetivos do projeto, com estudo dos principais agentes da indústria e seus respectivos apelos; assim como as recomendações geradas a partir desse *feedback* das empresas, visando maior segurança operacional a partir de um aperfeiçoamento organizacional subsidiado pela entidade normativa.

Dessa forma, será possível analisar se tais mudanças propostas pelas empresas e formalmente redigidas pela Associação Norueguesa da Indústria do Petróleo (OLF), motivadas pelos acidentes ocorridos no período, foram devidamente cumpridas pela NORSOK e, paralelamente, pela ANP.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos para o trabalho é a revisão bibliográfica, pautada principalmente pela análise das normas norueguesas NORSOK D-010 (edições 3 e 4) e da minuta para a nova regulamentação da ANP para integridade de poços de petróleo, de 2015, que são a base para comparações e discussões.

A obtenção de informações acerca de conceitos e definições sobre Barreiras de Segurança, análises de risco e as causas dos acidentes catastróficos recentes com *blowout* de grandes empresas da indústria da Exploração e Produção de petróleo, deve-se ao levantamento, seleção e organização de artigos e matérias divulgadas em sua maioria em inglês e pertencente a autores norte-americanos ou noruegueses.

A partir da análise de textos e de imagens, esquemas e tabelas, o desenvolvimento do trabalho é pautado pela comparação entre as edições mais recentes da NORSOK D-010 e a minuta da ANP. Levam-se em conta novos itens que foram adicionados e itens antigos que foram incrementados, no tocante às atividades gerais e de perfuração. Faz parte do desenvolvimento, também, a análise das recomendações das empresas – *players* – da indústria do petróleo às entidades normativas, em resposta aos acidentes ocorridos nos últimos anos.

A conclusão do projeto é avaliar se as mudanças ocorridas nas edições mais recentes da norma norueguesa e na minuta da ANP estão de acordo com as recomendações feitas pelas empresas e repassadas às entidades normativas por meio da Associação Norueguesa da Indústria do Petróleo (OLF).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Definições de Barreiras de Segurança e Conjunto Solidário de Barreiras (CSB)

O conceito de barreiras de segurança é relativamente conhecido na indústria de óleo e gás, sendo que esta tem dado cada vez mais importância a esse tema nos últimos anos. A Petroleum Safety Authority (PSA), um dos órgãos reguladores de segurança em operações da indústria do petróleo na Noruega, tem aumentado seu foco na importância dessas barreiras, o que resultou na necessidade de uma definição comum do termo Barreiras de Segurança para uso global.

Na linguagem coloquial, a palavra barreira é comumente utilizada para definir um obstáculo, físico ou de outra natureza qualquer, que impeça algo de acontecer, como uma restrição de acesso de um lado para outro (Næss, 2012). Na indústria, uma barreira pode ser definida como algo que previne que acidentes aconteçam, ou até mesmo ameniza suas consequências. Desta forma, a norma NORSOK-013 (2010) definiu formalmente barreiras de segurança da seguinte maneira:

##### 3.1.1 Barreiras de Segurança

São meios físicos ou não físicos planejados para prevenir, controlar ou mitigar eventos ou acidentes indesejados; dentro desta definição, encaixam-se as definições de Função de Barreira; Sistemas de Barreira e Elementos de Barreira. Ainda de acordo com Fonseca (2012), as Barreiras de Segurança funcionam como um “cerco” mecânico íntegro para o petróleo ou seu fluxo, bloqueando-se todas as vias de passagem entre o fluxo de produção e o meio ambiente; promovendo-se a integridade do poço, propriedade representada na figura 3.1.

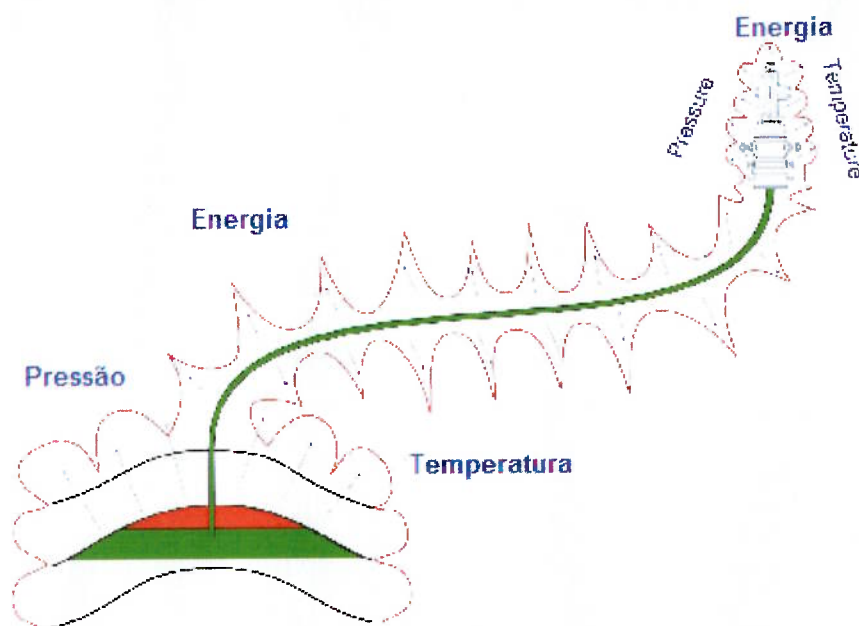


Figura 3.1: Representação da integridade de poço.  
(Fonte: adaptado de Anders, 2008).

De acordo com Miura (2004), valendo-se da teoria de conjuntos, a barreira é um conjunto com domínio no intervalo entre zero e um. Seja  $A$  um conjunto que representa a barreira. Os elementos do conjunto ( $x$ ) são valores contidos no intervalo entre zero e um, ou seja,  $A \subset [0,1]$  e  $A = \{x \in R \mid 0 \leq x \leq 1\}$ .

Cada componente da barreira (ou elemento do conjunto,  $x$ ) pode ser representado pela função disponibilidade. A disponibilidade de um equipamento é a probabilidade de poder contar com o funcionamento correto do equipamento. É definido como complementar de taxa de falha, isto é,  $(1-\lambda)$ , onde  $\lambda$  é a taxa de falha, com domínio entre zero e um ( $\lambda \subset [0,1]$ ).

Aplicando-se à indústria do petróleo, uma Barreira de Segurança de poço de petróleo pode ser:

a) **Líquida**: coluna de líquido à frente de um determinado intervalo permeável, provendo pressão hidrostática suficiente para impedir o fluxo de fluido do intervalo em questão para o poço;

b) **Sólida**: é aquela consolidada que não se deteriora com o tempo e pode ser constituída de

- Tampões de cimento ou materiais similares;
- Revestimentos cimentados;
- Anulares entre revestimentos cimentados.

c) **Sólida mecânica**: é considerada como temporária e pode ser constituída de

- Tampão mecânico (*bridge plug*) permanente ou recuperável;
- Retentor de cimento;
- Obturadores (*packers*) de qualquer natureza;
- Válvulas de segurança do interior da coluna de produção;
- Tampões mecânicos do interior da coluna de produção;
- Equipamentos de cabeça de poço.

d) **Natural**: quando a própria natureza prover o recurso para impedir o fluxo

- Hidrostática da água do mar;
- Hidrostática do próprio fluido da formação, da cabeça até o fundo;
- Camadas litológicas que isolam o fluido.

### 3.1.2 Conjunto Solidário de Barreiras

Aplicando-se o conceito ao poço de petróleo, pode ser definido como um conjunto composto de uma ou mais barreiras, apto a impedir o fluxo não intencional de fluidos, considerando-se todos os caminhos possíveis (Miura, 2004). Tais barreiras devem ser solidárias, ou seja, impedir inclusive “atalhos” entre os caminhos, como falhas de barreiras que permitam a comunicação entre caminhos independentes.

Um exemplo de conjunto solidário de barreiras durante as intervenções de restauração, pode ser o *packer* de fundo com *standing valve*, fluido com o peso compatível com a pressão estática e revestimento de produção testado acima do *packer* (figura 3.2). Outro exemplo é o tampão de cimento no revestimento e cimentação do(s) anular(es).

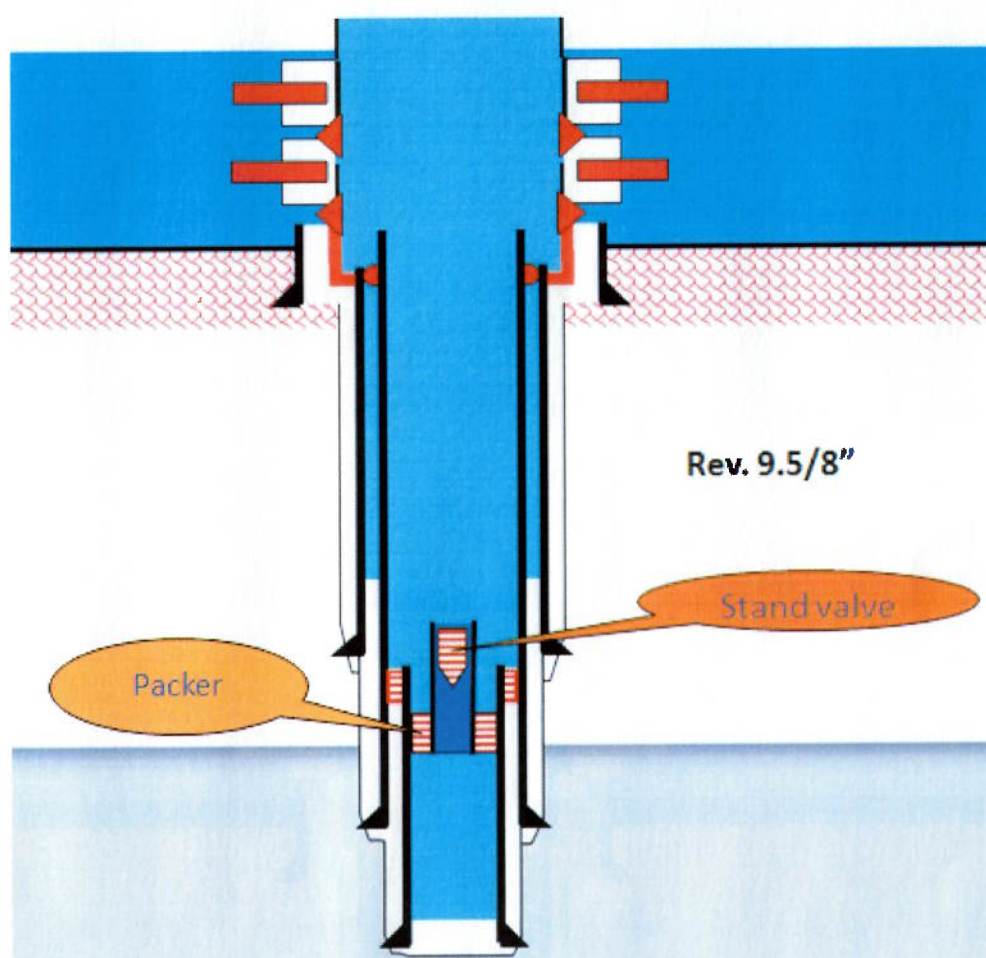


Figura 3.2: Esquema de *packer* de fundo com *standing valve*.  
(Fonte: Yamamoto, 2015)

Valendo-se novamente da teoria de conjuntos, o CSB é um conjunto com domínio no intervalo entre zero e um. Seja  $C$  um conjunto que representa o CSB, com:

$$C = \{x \in R \mid 0 \leq x \leq 1\}$$

Os CSB devem ser projetados de tal maneira que permitam o rápido restabelecimento da condição de, pelo menos, dois CSB independentes. A figura 3.3 representa um CSB impedindo o fluxo de fluidos no sentido da zona com hidrocarbonetos até o meio ambiente; bloqueando todos os caminhos possíveis.

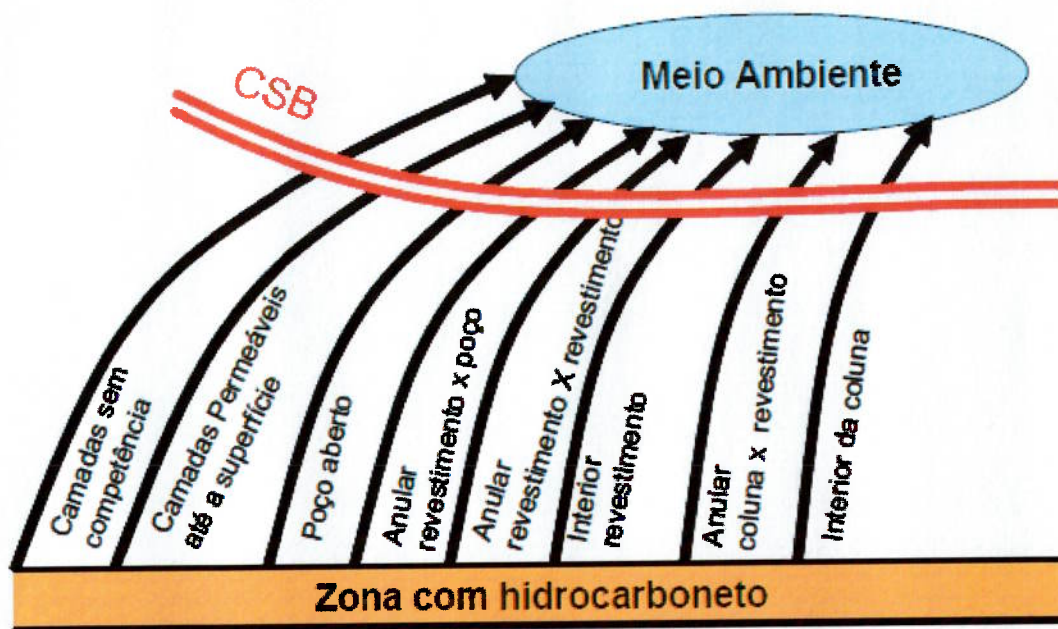


Figura 3.3. Esquema de Conjunto Solidário de Barreiras  
(Fonte: Miura, 2004).

## 3.2 Acidentes Recentes

### 3.2.1 Deepwater Horizon – Campo de Macondo, Golfo do México, 2010

Em 20 de abril de 2010 ocorreu a explosão e conseqüente espalhamento de fogo na plataforma semi-submersível *Deepwater Horizon*, decorrente de um blowout no campo de Macondo, no Golfo do México. Houve morte de 11 trabalhadores e este é considerado o pior desastre ambiental da história dos Estados Unidos.

O acidente decorreu de falhas nas barreiras de segurança do sistema, como o BOP (*Blowout Preventer*) e demais equipamentos de segurança.

### 3.2.2 Campo de Montara, Mar de Timor, costa australiana, 2009

Considerado um dos piores desastres de derrame de óleo da história da Austrália, o blowout ocorrido no Mar de Timor decorreu de falha humana, com um volume de cimentação abaixo do aceitável que acabou causando afrouxamento dos revestimentos instalados e

posterior vazamento de petróleo para o meio ambiente; com perda de aproximadamente 2.000 barris de óleo por dia, durante 74 dias.

### 3.2.3 Bacia de Campos – Campo de Frade, Rio de Janeiro, Brasil, 2011

Segundo investigações da ANP, uma falha da empresa operadora na interpretação geológica e da fluidodinâmica local resultou num modelo de pressões do reservatório equivocado; ocorrendo sobrepressurização e, em conjunto com um assentamento errôneo da sapata, finalizou com um blowout subterrâneo com metodologia ineficaz de contenção.

## 3.3 Acidente de Macondo: Questões Técnicas e Fatores Gerenciais

O acidente do campo de Macondo, no Golfo do México, foi a catástrofe da indústria petrolífera de maior repercussão dos últimos anos. Foram realizadas investigações pelo time da British Petroleum (BP), a partir da avaliação de diferentes cenários e modos de falha que possam ter contribuído para o desastre seguinte. Algumas questões técnicas chave que podem ter contribuído para as causas do acidente estão representada na figura 3.4 e, segundo Aguiar (2014), envolvem:

- A cimentação do revestimento feita no dia anterior, que serviria como barreira de segurança, não foi feita adequadamente. O cimento era de um tipo leve e com presença de nitritos. Provavelmente houve desprendimento de nitrogênio, que fez com que ocorressem falhas na integridade do cimento que não resistiram à pressão natural do poço e permitiram o fluxo de óleo.
- As barreiras localizadas na sapata do revestimento de produção do poço não providenciaram isolamento suficiente, permitindo o escoamento do óleo para o interior do poço; Não houve possibilidade de avaliação da peça, uma vez que foi destruída com as ações realizadas para o fechamento do poço. A BP concluiu que pode ter havido uma falha na produção da peça ou uma falha na instalação por parte da equipe de perfuração.
- Os resultados do teste de pressão negativa falharam por terem sido mal interpretados; pressões anômalas observadas nas tubulações foram ignoradas. Após o teste, a BP decidiu proceder com operações. Pressões anômalas observadas nas tubulações de perfuração deveriam ter alertado aqueles que monitoravam o poço para o fato que a barreira de cimento não foi efetiva e esta pressão estava sendo transmitida
- Ações de controle de poço realizadas foram ineficazes na tentativa de recuperar o controle do poço. A ação tomada de maneira a responder ao blowout, migrando o fluido para o interior da sonda em vez de modificar o fluxo para a rede que jogaria para o ambiente externo (overboard discharge), foi o fator gerador da explosão na plataforma. Caso o fluido tivesse sido jogado no mar haveria mais tempo para preparar uma resposta adequada ao evento, e mesmo o impacto ambiental poderia ter sido menor.
- O sistema de detecção de gás e incêndio não alertou para a presença de gás em locais que não eram classificados como eletricamente protegidos, como dutos de ar condicionado e ventilações em geral da plataforma.

- Houve falha nos modos de acionar o BOP em situações de emergência. Ambos os controles eletrônicos do BOP, chamados de *pods* amarelo e azul, não acionaram o BOP automaticamente com a perda de energia da plataforma ou perda hidráulica do sistema; falhando no selamento do poço.

Ainda de acordo com investigações da Comissão de Energia e Comércio do Congresso Americano, as decisões gerenciais e organizacionais violaram regras da indústria do petróleo e gás natural. A BP teria sido motivada a realizar procedimentos equivocados e arriscados, visando reduzir custos e poupar tempo, não tendo aumentado os esforços preventivos na mesma magnitude em que os riscos foram aumentados.

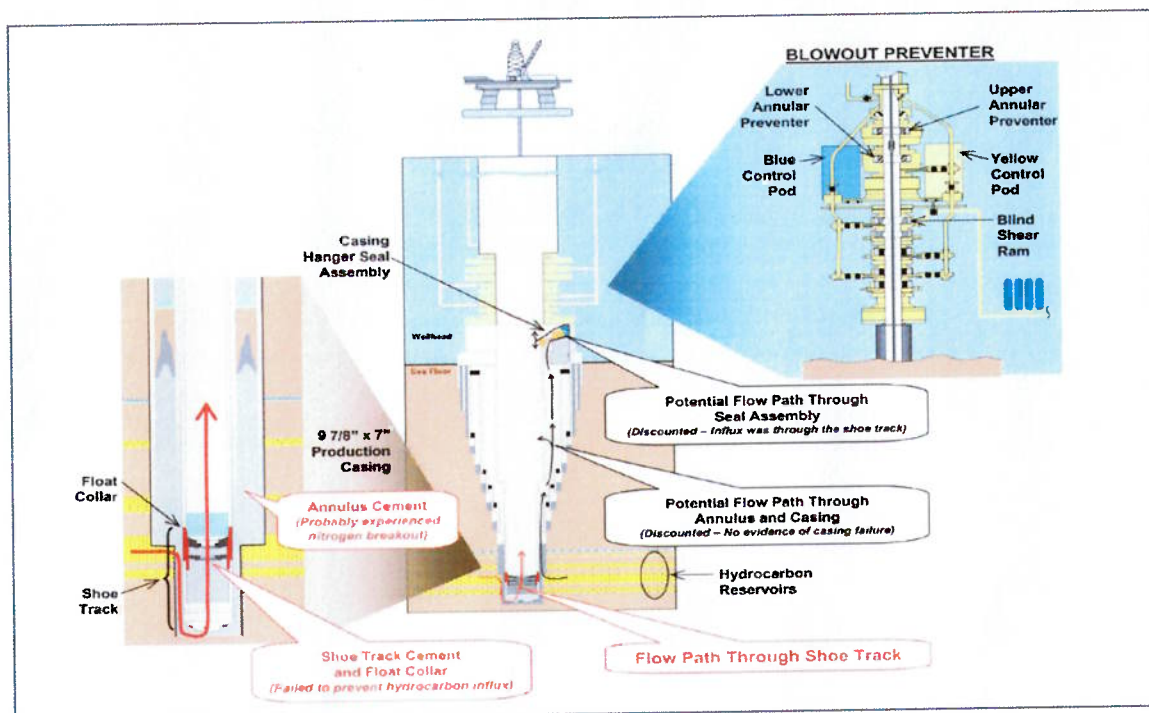


Figura 3.4: Causas do acidente em Macondo.  
(Fonte: BP, 2010)

De qualquer forma, foi um evento catastrófico, ou seja, várias barreiras tiveram que ser ultrapassadas para que o evento ocorresse, apoiando-se em diversas falhas (de ferramentas, sistemáticas e humanas), como representado na figura 3.5.

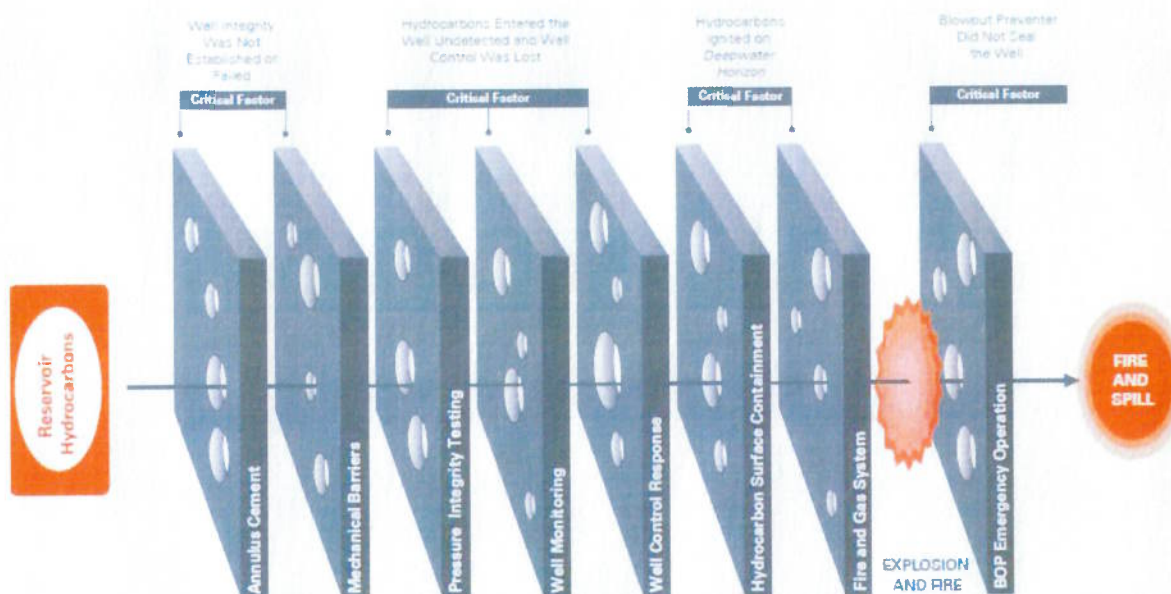


Figura 3.5: Representação de um evento catastrófico superando as Barreiras de Segurança.  
(Fonte: BP, 2010)

### 3.4 NORSOK D-010: Motivações para a Revisão

A NORSOK é uma entidade normativa norueguesa, desenvolvida pela Associação de Óleo e Gás Norueguesa (*Norwegian Oil and Gas Association*) e pela Federação das Indústrias Norueguesas (*The Federation of Norwegian Industries*) e publicada pela *Standards Norway*; que publica normas para a área *offshore* de exploração de óleo e gás. A norma a ser estudada em questão, NORSOK D-10, dita regras para utilização de mecanismos visando manter a integridade do poço de petróleo durante as atividades de perfuração, testes de poço, completação e produção.

O estudo em questão trata de comparar as mudanças e correções feitas nesta norma desde sua última revisão, em 2004, até sua versão atual, datada de 2013; com relação ao cenário geral e às atividades de perfuração.

Segundo Løkke-Sørensen (2012), foram muitas as motivações para que alguns dos padrões estabelecidos na revisão de 2004 fossem modificados. A *Standards Norway* tem a recomendação de fazer revisões periódicas; além disso, propostas de mudanças foram recebidas pela instituição por membros da indústria internacional de exploração e produção de petróleo (como ilustrado na tabela 3.1) baseando-se principalmente no blowout ocorrido em Macondo, além de outros desastres no período. Os marcos do projeto de mudança se pautam por:

- **Obtenção de comentários** de representantes de empresas internacionais da indústria do petróleo, que visam melhorar itens pontuais da norma;
- **Encontro inicial da Standards Norway** com os representantes da indústria;
- **Lançamento de um rascunho** das modificações, enviado aos representantes das empresas;
- **Recebimento do *feedback*** dos representantes;
- **Lançamento final da norma modificada.**

Tabela 3.1: Número de comentários das empresas representantes da indústria do petróleo

<b>Comentários</b>	
<b>Companhia</b>	<b>No.</b>
Statoil	441
BP	367
Shell	125
BG	118
COP	102
PSA	89
TENAS	71
Esso	68
Total	58
Marathon	53
Maersk	43
Petrobras	43
PGNIG	43
SLB	39
Lundin	31
Woodside	26
AGR	20
Other (<20)	80
<b>Soma</b>	<b>1817</b>

Fonte: Løkke-Sørensen, 2013

### 3.4.1 Mudanças da Norma: Correlações

Mudanças ocorreram em várias esferas da NORSOK D-010, motivadas principalmente por recomendações da Associação Norueguesa da Indústria do Petróleo (OLF). Estão inclusas mudanças gerais; mudanças nas atividades de perfuração; nas atividades de testes em poços; nas atividades de completação, produção e abandono de poços. Também modificações no sistema de movimentação de cargas, adição de operações de perfuração com pressão controlada e nas demais seções da norma, como os métodos de cimentação e a disposição dos revestimentos no poço.

Aqui, o foco será nas correlações entre as recomendações da OLF (Summary Report, 2012) e as modificações realizadas pela NORSOK D-010, item a item. Serão levados em consideração acréscimos ou subtrações de itens da norma em princípios gerais; atividades de perfuração e demais modificações relacionadas a equipamentos utilizados durante o processo de perfuração; além de outras medidas de segurança que não constavam na edição número 3 da norma, de 2004.

### 3.4.2 Modificações nos Princípios Gerais

#### Recomendações da OLF

I) a) Definição de requerimentos relacionados aos testes de pressão de influxo, com clareza.

b) Normas relacionadas a poços deveriam trazer procedimentos detalhados e critérios de aceitação relacionados a testes de influxo. Esses testes deveriam ser conduzidos de maneira controlada, com detalhamentos e serem aprovados por uma pessoa autorizada; com acompanhamento de uma análise de riscos.

II) A associação recomenda que documentos relacionados a atividades em poços sejam preparados para todas as futuras operações de perfuração, para ligação entre empresas operadoras e de serviços.

III) Uma recomendação na Gestão de Mudanças deve ser implementada pela norma da seguinte maneira:

Um procedimento de gestão de mudanças cobrindo o ciclo de vida do poço deve ser incluído na documentação do sistema de manutenção da empresa prestadora de serviços. O procedimento deve descrever os processos utilizados para avaliação de riscos e para autorizar e documentar mudanças de informações e procedimentos previamente aprovados.

Mudanças ligadas à Gestão de Mudanças incluem:

- Mudanças nos equipamentos de controle da superfície de fundo de poços;
- Mudanças que causem impactos nas barreiras de segurança dos poços;
- Mudança no tipo do poço (por exemplo, de produtores para injetores);

- Mudanças em procedimentos e equipamentos a serem utilizados;
- Mudanças no quadro de funcionários.

**IV)** É recomendada a inclusão de um requerimento, na NORSOK D-010, para definir critérios de sucesso/falha ou indicadores-chave de desempenho (do inglês KPI), para todos os principais exercícios de segurança e manuseio de poços.

**V)** Deverá haver um plano de esboçar os procedimentos de tamponamento e fechamento de um poço offshore com fluência, no qual o operador demonstrará como acessar e instalar os equipamentos para fechamento do poço dentro de um limite estimado de tempo.

### **Modificações da NORSOK D-10 (rev. 4, 2013)**

#### **I) a) Direção dos testes de pressão (item 4.2.3.6.3)**

O teste de pressão deve ser aplicado na direção do fluxo. Caso não seja possível por motivos de adição de risco, o teste poderá ser realizado na direção contrária ao fluxo, desde que o elemento de barreira de poço seja instalado para selar ambas as direções do fluxo.

#### **b) Testes de influxo durante atividades de perfuração (item 4.2.3.6.5)**

O teste de influxo (pressão negativa) deverá ser descrito num procedimento detalhado, o qual deverá conter as seguintes informações:

- Uma identificação das barreiras de poço a serem testadas;
- Identificação das consequências de um vazamento;
- O risco de se obter resultados inconclusivos, decorrentes de efeitos de temperatura, altos volumes, migrações, etc.
- Um plano de ação caso haja vazamentos ou os testes sejam inconclusivos;
- Um diagrama esquemático mostrando a configuração de linhas de teste e posições das válvulas;
- Todas as etapas operacionais e decisões tomadas;
- Critérios de aceitação definidos para os testes;
- Verificação das habilidades da barreira secundária em resistir a diferença de pressões;
- Controles sobre volume e pressões devem ser mantidos a todo o instante durante testes e deslocamentos;

- Durante deslocamentos, componentes não-cisalháveis não deverão ser dispostos na gaveta cisalhante do BOP;

- Deslocamentos para fluidos mais leves deverão ser feitos com pressões de fundo de poço constantes;

- Quando o deslocamento for completado, o poço deverá ser fechado sem redução da pressão de fundo de poço;

## **II) Procedimentos em ações de manuseio de poços (item 4.2.6)**

Deverá haver planos para ativação de barreiras de poço e elementos de barreiras, a serem colocados em prática antes do começo de quaisquer atividades e operações em poços. Tais planos deverão ser de conhecimento geral das pessoas envolvidas no projeto. Um documento de manuseio de poços, que deverá servir de ligação entre a empresa operadora e a prestadora de serviços, deverá ser preparado para definir:

- Responsabilidades e funções no manuseio de poços durante as operações;

- Procedimentos de fechamento de poço;

- Métodos de reestabelecimento de barreiras de segurança:

- Ativação de elementos de barreiras alternativos;
- Procedimentos de *kill*;
- Normalização

- Configurações específicas de manuseio de poços para atividades de poços (inclusive configurações de gavetas).

## **III) Gestão de Mudanças (item 4.7.2)**

Um procedimento de gestão de mudanças, cobrindo o ciclo de vida do poço, deverá ser implementado. Tal procedimento deverá descrever os processos utilizados para avaliação de riscos, autorizações, e documentação de mudanças técnicas, operacionais ou organizacionais em relação a informações e procedimentos previamente aprovados. Tais mudanças devem incluir:

- Sistemas críticos de segurança;

- Equipamentos de manuseio da superfície e fundo de poços;

- Impactos nas barreiras de segurança dos poços;

- Procedimentos;

- Equipamentos de manuseio de poço;

- Principais empregados no projeto.

A qualquer instante em que alguma mudança for proposta, deverá haver uma justificativa para tal mudança, que conterá:

- Razão para mudança;
- Descrição da nova proposta de solução;
- Possíveis consequências e insucessos.

Todas as disciplinas apropriadas e aplicáveis deverão ser envolvidas na preparação da solução proposta. Mudanças nas programações e nos procedimentos deverão ser aprovadas por aqueles que forem afetados por elas.

#### **IV) Perfurações no local (item 4.2.7)**

Perfurações habituais pertencentes a operações correntes ou operações a serem realizadas deverão ser conduzidas por empregados devidamente treinados, visando a prevenção ou detenção em caso de perder uma barreira de segurança. O objetivo da perfuração deverá ser pré-definido. Critérios de sucesso/falha ou indicadores-chave de desempenho para todas as principais atividades de manuseio de poços e segurança na perfuração deverão ser estabelecidos. Os profissionais mais qualificados em procedimentos emergenciais deverão ser envolvidos na perfuração. Todas as perfurações deverão ser aprovadas, avaliadas para melhorias, e devidamente documentadas.

#### **V) Planos para tamponamento e fechamento de um poço submarino em erupção (item 4.8.3)**

Um plano de esboço para tamponamento e fechamento de poços submarinos em erupção deverá ser apresentado para demonstrar a instalação correta de equipamentos de tamponamento num determinado limite de tempo estipulado. O plano deverá:

- Avaliar a viabilidade de contenção de um blowout, a determinada profundidade;
- Identificar todas as conexões e possíveis interfaces entre a cabeça do poço e as juntas flexíveis;
- Incluir uma visão geral de requerimentos de equipamentos que permitam a instalação de tampões;
- Considerar casos adicionais de poços preenchidos em decorrência de operações de tamponamento.

### 3.4.3 Modificações nas Atividades de Perfuração

#### Recomendações da OLF

I) Reconhece-se a necessidade de maior prática com situações de emergência no manuseio de poços. A norma deveria ser atualizada para incluir requerimentos de exercícios rotineiros de manuseio de poços, especificamente nas áreas de:

- Espaçamento e centralização de tubos antes de cisalhamentos e desconexões;
- Alinhamento do *diverter* com as linhas de fluxo;
- Condução de exercícios de manuseio de poços (dimensão, frequência, aceitação).

II) Os operadores dos projetos de perfuração deveriam conduzir uma avaliação de riscos, a fim de obter-se a otimização no funcionamento do BOP para cada poço perfurado; utilizando-se os dados mais recentes de confiabilidade, performance e avaliações do equipamento, o design do poço a ser perfurado e os materiais a serem utilizados. As conclusões da avaliação devem ser fixadas no documento de ligação entre as empresas operadoras e prestadoras de serviços.

#### Modificações da NORSOK D-10 (rev. 4, 2013)

##### I) Exercícios de simulação de manuseio de poço (item 5.5.2)

Os exercícios de simulação de manuseio de poços que constavam na revisão 3 da NORSOK D-10 (2004) diziam respeito à influxos de gás; influxo de óleo durante a perfuração; influxo de óleo durante o canhoneio; operação com estrangulamento com pressão no poço e práticas de uso de equipamentos de respiração durante perfuração em zona contendo sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S).

Além desses exercícios, foram adicionados na revisão 4, de 2013, alguns outros que deverão ser realizados, conforme indicado na tabela 3.2:

Tabela 3.2. Tipos de exercícios de simulação.

Tipo	Frequência	Objetivos	Comentários
BOP Submarino: Exercício com BOP no convés	Toda vez em que o BOP estiver no convés	Operar os painéis do BOP	Incluir os últimos passos do exercício de estrangulamento com manipulação das situações de emergência com gás na superfície de perfuração.
BOP Submarino: Exercício com <i>diverter</i> ou gás no riser	Toda vez que o BOP for instalado, antes que a água do mar seja deslocada do sistema de risers	Alinhar o <i>diverter</i>	Inclui o cenário de gás no riser acima do BOP, e alinha o <i>diverter</i> com as linhas de fluxo.

Fonte: NORSOK D-010, Rev.4, 2013

## II) Critérios de aceitação de elementos de barreira de poços (item 5.4)

Uma análise de riscos deve ser realizada para decidir a melhor configuração do BOP de acordo com sua localização. A análise de risco deve levar em conta os seguintes itens:

- a) Posição de diferentes tipos de gavetas;
- b) Posição de acesso das linhas de *kill* e *choke*;
- c) Habilidade para retirar os tubos e para fechamento da gaveta cisalhante;
- d) Habilidade para centralizar os tubos antes de fechar a gaveta cisalhante;
- e) Possuir uma gaveta cisalhante alternativa.

### 3.4.4 Demais Modificações Relevantes

#### Recomendações da OLF

I) Atualização da NORSOK para incluir o termo “cimentação crítica”. Introduzir também um requerimento para uma verificação independente deste trabalho de cimentação crítica. Tal verificação poderá ser realizada tanto por um departamento interno da empresa operadora, quanto por uma empresa externa terceirizada.

II) A norma deveria também requerer que o design da cimentação e do revestimento para o cimento que for alocado na região de hidrocarbonetos seja verificado em laboratórios próprios de empresas de cimentação, antes de seu uso. Para designs críticos de cimentos, como os que contém espumas ou aditivos bloqueadores de gás, seu design, suas propriedades

e seu plano de cimentação devem ser verificados independentemente. Tal verificação poderá ser realizada tanto por um departamento interno da empresa operadora, quanto por uma empresa externa terceirizada.

### **Modificações da NORSOK D-10 (rev. 4, 2013)**

I) Foi adicionado à tabela 22 – “Revestimento e cimentação” o seguinte critério de aceitação:

Para trabalhos com cimentação crítica e designs complexos de cimentação, o programa do trabalho de cimentação deverá ser verificado internamente ou por alguma empresa terceirizada.

II) Foi adicionado à tabela 22 – “Revestimento e cimentação” o seguinte critério de aceitação:

Requerimentos específicos para registros (trabalhos para cimentação crítica): Para poços de desenvolvimento, o revestimento de produção ou o *liner* deverá ser registrado para garantir suficiente cimentação acima do reservatório e do obturador de produção se:

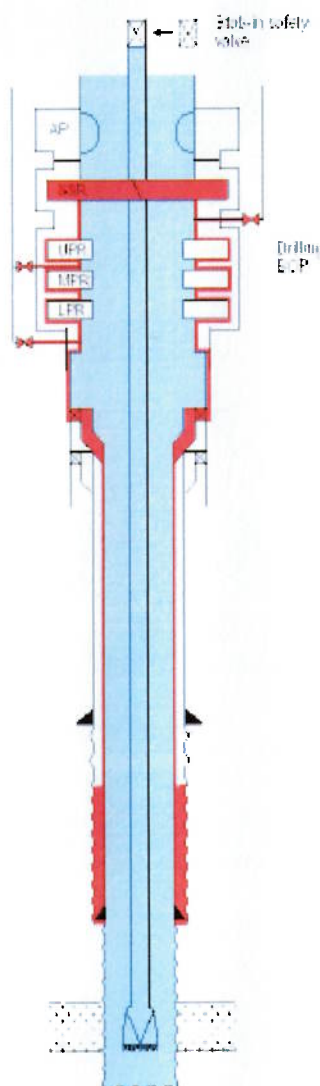
- O revestimento de produção ou *liner* estiver disposto dentro do reservatório;
- O revestimento intermediário não tiver integridade da formação suficiente para superar a pressão do reservatório.

### **3.4.5 Mudanças nas Barreiras de Segurança**

Em termos de barreiras de segurança, a principal e mais importante modificação na revisão número 4 da NORSOK D-010 (2013) foi a inserção da formação *in situ*, ou seja, a formação rochosa adjacente ao anular do poço perfurado, como elemento do conjunto solidário de barreiras secundárias do poço, durante a perfuração.

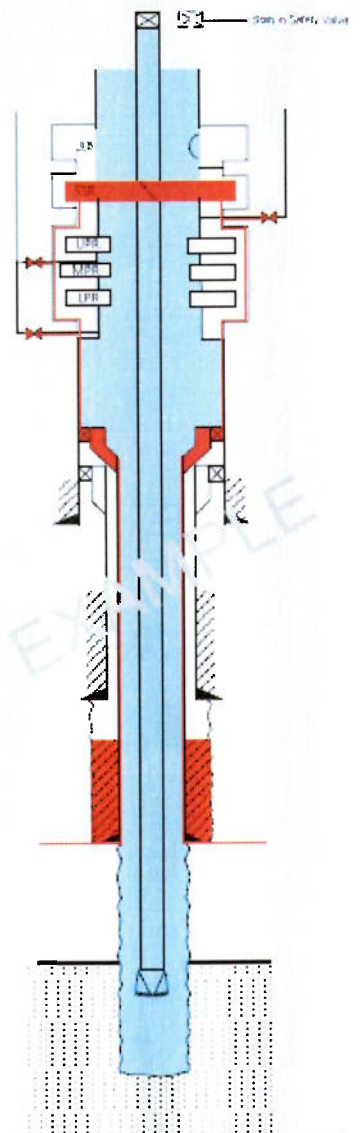
A proposta da inserção desse elemento é a providência de um selo hidráulico contínuo, permanente e impermeável ao redor do anular do revestimento, para prevenir a invasão de fluidos da formação e para resistir sobrepressões vindas de quaisquer direções.

As figuras 3.6 e 3.7 ilustram o antes e depois da modificação na norma, incluindo-se a formação *in situ* como elemento de barreira secundária.



<b>Elementos das barreiras de segurança</b>	
<b>Barreiras primárias</b>	
1.	Coluna de fluido
<b>Barreiras secundárias</b>	
1.	Cimentação do revestimento
2.	Revestimento
3.	Cabeça do poço
4.	Riser de alta pressão
5.	BOP de perfuração

Figura 3.6: Esquema de barreiras solidárias de segurança  
(Fonte: NORSOK D-010, Rev. 3, 2004)



Elementos das barreiras de segurança	
Barreiras primárias	
1.	Coluna de fluido
Barreiras secundárias	
1.	Formação <i>in situ</i>
2.	Cimentação do revestimento
3.	Revestimento
4.	Cabeça do poço
5.	Riser de alta pressão
6.	BOP de perfuração

Figura 3.7: Esquema de barreiras solidárias de segurança **com formação in situ**

(Fonte: NORSOK D-010, Rev 4, 2013)

### **3.5 Minuta da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)**

No que tange à legislação brasileira, a ANP é o órgão regulador das atividades que integram a indústria do petróleo e gás natural, além da dos biocombustíveis; de acordo com a Lei do Petróleo (Lei nº 9.478/1997). Suas competências envolvem regular, contratar e fiscalizar; além de ser referência em banco de dados sobre informações da indústria brasileira de petróleo e gás natural.

Atualmente, suas normas relacionadas ao gerenciamento da integridade de poços ainda são pouco específicas e dizem muito pouco sobre barreiras de segurança e análise de riscos durante as atividades de perfuração. Na Resolução nº 21, de abril de 2014, consta apenas uma definição de barreiras de segurança e uma pequena citação dentro do artigo sobre o programa de revestimento e cimentação.

Art 1º .

V) Barreira de Segurança: conjunto de elementos capazes de conter ou isolar os fluidos dos diferentes intervalos permeáveis.

Art 11. O Programa de revestimento e cimentação deverá considerar os seguintes aspectos:

IX) Garantir a existência e integridade de, pelo menos, duas Barreiras de Segurança independentes, solidárias e testadas, isolando as formações porosas e/ou formações contendo hidrocarbonetos e a superfície.

Porém, recentemente uma minuta (versão preliminar) da nova regulamentação da ANP sobre Integridade de Poço foi desenvolvida e, apesar de não ser uma versão definitiva, visto que o assunto ainda está em debate entre a ANP, empresas operadoras e outras partes envolvidas; pode servir de subsídio para comparação com a NORSOK D-010 e para uma previsão sobre quais normas de segurança regerão a indústria do petróleo e gás natural brasileira durante os próximos anos.

#### **3.5.1 Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP)**

Intitulada *Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços* (SGIP), a minuta da Nova Regulamentação da ANP aborda diversos outros assuntos que não serão abordados aqui, em decorrência de não serem comparáveis com as modificações realizadas na NORSOK D-10; uma vez que aqui será feita uma comparação entre a norma norueguesa e o rascunho da nova norma brasileira. Esses assuntos se relacionam ao envolvimento da força de trabalho; ambiente de trabalho e fatores humanos; gerenciamento das empresas contratadas; auditoria de conformidade; investigação de acidentes; dentre outros.

### 3.5.2 Elementos Críticos de Segurança Operacional: Barreiras de Segurança

Em termos de normas aplicadas à Barreiras de Segurança, a nova minuta da ANP mostra-se muito mais completa do que a Resolução nº 21; ganhando a complexidade de outras normas internacionais. Nela consta que o Operador do Poço deverá identificar e descrever as características essenciais e as funções dos Elementos Críticos de Segurança Operacional, classificados em Equipamentos Críticos; Sistemas Críticos e Procedimentos Críticos de Segurança Operacional (item 15.2.2), tal qual consta na NORSOK D-10.

Na definição semelhante à Resolução nº 21, a minuta afirma que o controle do influxo de fluidos das formações deve ser realizado através da utilização de Barreiras de Segurança; devendo o Operador prover, no mínimo, 2 (duas) Barreiras, testadas e aprovadas; em aderência com seus procedimentos e critérios de aceitação (item 15.3). Estas devem ser independentes. O principal Elemento de Barreira de Segurança Secundária durante a construção do poço deve ser o BOP; sendo essa designação dada à Árvore de Natal durante a fase de operação.

Uma novidade que coincide com uma das principais mudanças da terceira para a quarta edição da NORSOK D-10, é a garantia de que a resistência mecânica da rocha capeadora seja um dos Elementos de Barreira das Barreiras de Segurança estabelecidas (item 13.6). Ou seja, inserção da formação *in situ* como elemento do conjunto solidário de barreiras secundárias do poço, durante a perfuração.

### 3.5.3 Correlações com as Recomendações da OLF

Assim como a NORSOK D-10, a minuta da nova regulamentação da ANP também aderiu às mudanças propostas pela Associação Norueguesa da Indústria do Petróleo (OLF). Mesmo que não tenha divulgado as motivações diretas para sua elaboração, muitos de seus itens acabaram coincidindo com os itens modificados na NORSOK D-10 e, portanto, atendendo às recomendações da Associação.

Os requerimentos relacionados aos testes de pressão e influxo, no qual as Barreiras de Segurança seriam testadas utilizando a maior pressão diferencial a ser encontrada no ciclo de vida do poço, no sentido do influxo, foram uma das recomendações da OLF cumpridas na minuta, no item 15.3.21. A base para o estabelecimento das Barreiras de Segurança durante o ciclo de vida do poço e a definição das metodologias de testes de influxo e seus critérios de aceitação devem ser as premissas que foram utilizadas para seu dimensionamento (item 19.2.22). A existência desses testes, planos de manutenção e monitoramento dos Elementos de Barreira, assim como seu critério de aceitação, devem ser garantidos e implementados pelo Operador do Poço (item 21.3.6).

O acompanhamento de uma análise de riscos, tanto para testes de influxo quanto para quaisquer outras ações no ciclo de vida do poço, deverá ser elaborado na forma de relatório por uma equipe multidisciplinar, contendo itens como o objetivo do estudo da análise; datas e duração das reuniões realizadas; descrição do poço que será submetido à análise; justificativa técnica da metodologia de Análise de Risco utilizada; identificação dos perigos e cenários acidentais; e o nível de risco resultante esperado (item 16.5). As informações e decisões

deverão ser documentadas pelo Operador do Poço, assim como revisada periodicamente (item 16.8.1).

No âmbito da Gestão de Mudanças, a minuta atende plenamente às recomendações, assemelhando-se às modificações da norma norueguesa. O procedimento de gerenciamento de mudanças deverá abordar as mudanças avaliadas, de forma a manter os riscos a elas associados em limites aceitáveis (item 17.2); devendo abordar as seguintes:

- Nas operações de construção do poço;
- Na finalidade do poço;
- Nas Barreiras de Segurança;
- Na força de trabalho, entre outras.

Todo o procedimento de gerenciamento deverá ser devidamente documentado pelo Operador (item 17.4.1).

Parte importantíssima das reivindicações da OLF, motivadas pelos acidentes recentes, como o de Macondo, reside na necessidade de prática com situações de emergência no manuseio de poços. Partindo-se desse princípio, a minuta incluiu uma seção inteira intitulada “Planejamento e Gerenciamento de Emergências” (item 18); com objetivo de visar à segurança das pessoas, proteção ao meio ambiente e atendimento às exigências legais. O Operador deverá elaborar um Plano de Resposta à Emergência para Eventos de Controle de poço para os cenários de *blowout* (item 18.2.11), definindo sistemas de alerta e comunicação com a Força de Trabalho atuante, além de estabelecer e realizar periodicamente exercícios simulados de controle de poço (item 18.4.1).

Relacionando-se mais especificamente com o projeto da atividade de perfuração, é citada na minuta a recomendação de que o procedimento para desenvolvimento do projeto do poço tenha uma metodologia que classifique o poço quanto aos riscos operacionais da perfuração (item 19.2.3). Quaisquer conclusões ou divergências entre as práticas de gestão de segurança das partes envolvidas nas atividades, deverão ser fixadas num documento de ligação “*bridging document*” (item 19.4.4).

Os itens da seção 25, por sua vez, tratam do plano de tamponamento e fechamento para abandono do poço. As atividades abordadas são as de abandono temporário e permanente de poço (ou de trecho do poço); além do limite estimado de tempo para a realização de tais atividades.

#### 4. CONCLUSÕES

Primeiramente, deve-se salientar que a revisão 4 da NORSOK D-10 (2013) correspondeu plenamente às recomendações da OLF, com a introdução de novos itens e atualização de itens anteriores da norma; cobrindo os erros e falhas nas barreiras de segurança e procedimentos durante o acidente de Macondo e os demais do período, trazendo nova perspectiva de prevenção a futuros acidentes.

Em resposta às falhas e más interpretações de testes de influxo, a OLF propôs clareza na definição de requerimentos relacionados aos testes, com procedimentos detalhados e acompanhamento de análise de riscos. Os responsáveis pela edição da NORSOK D-10, por sua vez, atenderam ao apelo exigindo detalhamento dos testes de influxo, contendo informações de análise de riscos de se obter resultados inconclusivos e um plano de ação caso isso ocorra. Além disso, a norma cobra no relatório todas as decisões tomadas e os critérios de aceitação definidos para os testes.

Visando estabelecer maior organização durante os processos, além de facilitar posteriores investigações, a OLF recomendou que devesse ser feita uma Gestão de Mudanças, na qual seriam descritas e documentadas mudanças de informações e procedimentos operacionais. Tal pedido foi integralmente atendido pela edição da norma, instituindo a obrigatoriedade de um procedimento de Gestão de Mudanças por parte das empresas envolvidas, incluindo, por exemplo, mudanças em procedimentos ou que impactem Barreiras de Segurança. Deverá também ser justificada a razão para a mudança e as possíveis consequências e insucessos dela decorridos.

A perda do controle do poço, seguida de ações ineficazes das operadoras de retomá-lo, foi presença unânime nos acidentes de blowout ocorridos nos últimos anos. Para contornar esse infortúnio, a OLF requereu a definição de critérios de sucesso e falha ou indicadores-chave de desempenho (KPI) para os exercícios de segurança e manuseio de poços durante perfuração. A norma instituiu que o objetivo da perfuração deverá ser pré-definido, e os KPIs estabelecidos; com a presença dos profissionais mais qualificados em procedimentos emergenciais durante a perfuração.

Em relação a situações de emergência, requereu-se a maior prática de manuseio de poços durante esses momentos, por meio de exercícios rotineiros. A NORSOK já possuía em sua versão de 2004 itens normativos com recomendações de exercícios; porém, novos exercícios foram inseridos na edição de 2013, notadamente envolvendo o BOP Submarino. Os *drills* têm como objetivo operar painéis do BOP no convés e alinhar o *diverter*, além de incluir o cenário de gás no riser.

Um dos pilares do acidente de Macondo foi o insucesso do procedimento de cimentação no revestimento. A associação norueguesa sugeriu a verificação independente do trabalho de cimentação crítica, seja pela Operadora ou por empresa terceirizada; além da verificação do design de cimentação em laboratórios próprios de empresas do ramo. Assim, a NORSOK estabeleceu critérios de aceitação para designs complexos de cimentação, como a verificação dos trabalhos internamente ou por empresa terceirizada e o registro de revestimentos a serem cimentados, visando garantir cimentação suficiente de cada equipamento.

A minuta da ANP, apesar de não ser a norma definitiva, demonstrou considerável semelhança com a norma NORSOK D-10 (2013), abordando diversos itens antigos e adicionados na edição norueguesa. Este cenário traz a expectativa de que, em breve, a legislação brasileira referente à integridade de poços de petróleo durante a perfuração seja tão complexa quanto completa, evitando acidentes catastróficos em um dos países mais promissores da indústria de exploração e produção de petróleo e gás natural no planeta nos próximos anos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasil. **Resolução ANP nº 21, de 10 de abril de 2014.** Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2014/abril/ranp%2021%20-%202014.xml?fn=document-frameset.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2014/abril/ranp%2021%20-%202014.xml?fn=document-frameset.htm$f=templates$3.0)>. Acesso em abril de 2015.

Aguiar, C.A.V. **Análise de Procedimentos Operacionais de Gerenciamento de Segurança e Controle de Poço: Estudo de Caso do Acidente de Macondo.** 2014. 50 p. Trabalho de Formatura em Engenharia de Petróleo – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

ANDERS, J. **Implementing a Well Integrity Management System.** In: SPE DISTINGUISHED LECTURER SERIES, 2008. EUA.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Regulamento Técnico, Sistema de Gerenciamento da Integridade de Poços (SGIP).** Brasil. 57 p.

BREWSTER, G. **Revision 4 of NORSOK D-010 Well integrity in drilling and well operations: Abandonment activities.** SPE European Well Abandonment Seminar, 2013. Noruega.

Energy Global Oilfield Technology. EUA. **D-010: The story of the world's well integrity standard.** Disponível em: <[http://www.energyglobal.com/upstream/exploration/10032014/The\\_story\\_of\\_the\\_worlds\\_well\\_integrity\\_standard/](http://www.energyglobal.com/upstream/exploration/10032014/The_story_of_the_worlds_well_integrity_standard/)>. Acesso em maio de 2015.

FONSECA, T. **Metodologia de Análise de Integridade para Projetos de Poços de Desenvolvimento da Produção.** 2012. 133 p. Dissertação - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

Løkke-Sørensen, T. **NORSOK D-010 Well integrity in drilling and well operations, rev 4: What is Really New?.** In: WIF WORKSHOP, 2013. Noruega.

Løkke-Sørensen, T. **Revision Update NORSOK D-010, Rev.4.** In: WIF WORKSHOP, 2012. Noruega.

Miura, K. **Um Estudo sobre a Segurança Operacional na Construção e Reparos de Poços Marítimos de Petróleo.** 2004. 234 p. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Petróleo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

Næss, K.H. **Modeling of Safety Barriers in Risk Analyses.** 2012. Dissertação - Norwegian University of Science and Technology, Noruega, 2012.

NORUEGA. Norwegian Oil and Gas Association. **OLF's Summary Report to Deepwater Horizon (Macondo) Accident.** Noruega, 2012.

STANDARDS NORWAY. **NORSOK Standard D-010.** Rev.3. Noruega, 2004. 158p.

STANDARDS NORWAY. **NORSOK Standard D-010**. Rev.4. Noruega, 2013. 221p.

Wellbarrier. EUA. **Publications**. Disponível em: <  
<https://www.wellbarrier.com/Publication/Index?active=publication>>. Acesso em junho de  
2015.

Yamamoto, Marcio. **Sequência básica de Completação**. São Paulo: Escola  
Politécnica da USP, 2015. 8 slides, color.