

# Completação Inteligente

Orientador:  
Prof<sup>o</sup> Robson Dourado

Grupo de trabalho:  
Bruno Luiz Dias dos Santos  
José Maria Soares  
Luis Carlos Laranjeira

## Petróleo

- Petroleum - petra = pedra - oleium = óleo
- Resultado de depósitos orgânicos
- Submetido à condições adequadas de:
  - Alta pressão;
  - Alta temperatura;
  - Tempo;
  - Formações rochosas...

## Completação

- Conjunto de operações destinadas a revestir e equipar o poço para produção ou injeção
- Aspectos importantes:
  - Produtividade;
  - Segurança;
  - Preservação do meio ambiente;

## Tipos de completção

- Quanto a posicionamento da cabeça do poço:
  - Seca (terrestre e águas rasas);
  - Molhada (águas profundas e ultra-profundas).
- Quanto ao revestimento de produção:
  - Simples (sem revestimento na zona produtora);
  - Linear rasgado ou canhoneado;
  - Revestimento Canhoneado.
- Quanto a numero de zonas explotadas:
  - Simples;
  - Multipla.

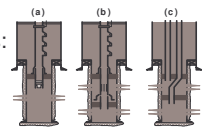


Figura 1 – Tipos de completção: (a) simples, (b) seletiva e (c) dupla.

## Competação Inteligente

- Equipamento de instrumentação:
  - Sensores;
  - Válvulas;
  - Dispositivos;
  - Controle simultâneo (remoto ou local);
  - Monitoração permanente.

## Tipos de Sensores

- Single-point
  - Variavel monitorada em um unico ponto.
- Quasi-Distributed
  - Variavel monitorada em diversos pontos em uma disposição de elevada densidade.
- Distributed
  - Variavel monitorada ao longo de todo poço gerando um modelo espacial bastante realista.

## Tipos de sensores

- Sensores de fibra ótica:
  - Principalmente utilizados em poços de gás do tipo HP-HT;
  - A Petrobrás está investindo essa tecnologia em poços maduros;
  - Tecnologia desenvolvida por uma parceria entre a Petrobras a PUC-RJ e a FBG.

## Cabos

- Proteção química de acordo com ambiente:
  - Salinidade;
  - Acidez.
- Devem possuir resistência mecânica:
  - Transporte;
  - Instalação;
  - Picos de produção.

\* Conectores e terminais também são de grande importância.

## Monitoração permanente

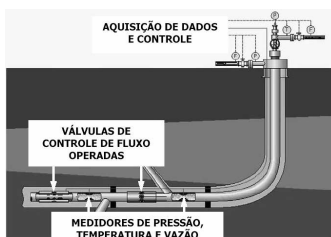
- Desenvolvida nos anos 60;
- Utilizada a partir dos anos 90;
- Informações fornecidas pelos sensores instalados ao longo da coluna:
  - Influxo;
  - Pressão;
  - Temperatura;
  - Vazão;
  - PH.

## Redução do número de poços

- Vazão de exploração é proporcional ao número de poços
  - Maior número de poços, maior vazão;
  - Maior vazão, recuperação mais rápida;
  - Maior número de poços, maior investimento;
  - Recuperação mais rápida, mais rápido o retorno do investimento;
  - Recuperação mais rápida, mais rápida a depreciação do campo;
- \* Extração de maneira rápida e economicamente viável é o ideal.

## Redução do número de poços

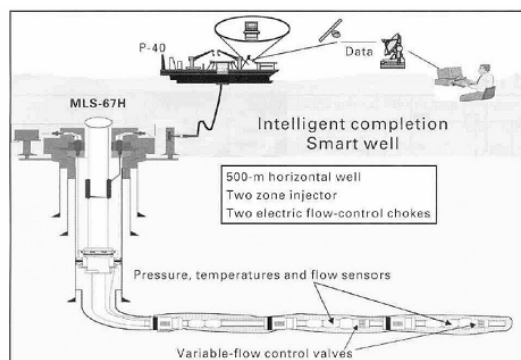
- Poço multi-lateral
  - Maior vazão;
  - Menor número de poços perfurados;
  - Controle independente de zonas de produção.



## Otimização da Produção

- Com os dados colhidos pelo sistema, torna-se possível a mudança da zona produtora a partir do controle de válvulas pré-instaladas, sem a necessidade das onerosas intervenções para esse fim.
- Em campos de águas ultraprofundas, torna-se possível a exploração de zonas secundárias que normalmente não estariam sendo produzidas, por inviabilidade econômica, pois isso exigiria uma nova operação de completação.

## Completção inteligente



## Completção inteligente

- Segundo estimativas de técnicos da Shell, um sistema de completção inteligente pode reduzir em até 13% os custos operacionais de um poço, proporcionando ainda, um aumento de 53% do fator de recuperação. Outro ganho seria a redução de 22% das instalações de superfície.

## Controle de fluxo remoto

- O Sistema Convencional de Controle (SCC) não fornece nenhuma informação do poço ou permite o controle do processo sem intervenções. O fluxo é administrado por válvulas on/off que não têm nenhum efeito no fluxo do fluido das zonas produtoras. A pressão que entra no sistema de produção de superfície é controlada através de válvulas de bloqueio manual, não havendo controle da pressão no poço;
- A necessidade imperativa de se monitorar a produção de petróleo de forma mais eficiente faz da MCI uma alternativa ao Sistema de Controle Convencional. Segundo Ribeiro (2000), uma MCI tem como finalidade realizar operações em campos sensíveis, como águas profundas, alta temperatura, alta pressão e produções flutuantes. Permite o monitoramento e controle em tempo real, controlando a produção de petróleo a partir de múltiplas zonas de uma única perfuração ou de ramificações de um poço multilateral. Controla a pressão do reservatório e temperatura da superfície, otimiza o desempenho do poço e maximiza a recuperação de reservas, gerenciando todo o reservatório e não apenas o poço.

## Tipo de valvula

- Com atuadores hidráulicos;  
Pistão equilibrado usado para deslocar uma luva deslizante para restringir a passagem através da válvula. Geralmente, é usado com uma linha abrindo cada válvula e outra linha comum de controle para o sistema, para reduzir o número de linhas hidráulicas instaladas.
- Com atuadores elétricos  
Um motor elétrico é responsável por deslocar a luva. Os motores são atuados usando uma única linha elétrica para todos os motores, que transmite também o sinal de posição decodificado na válvula. Isso faz este tipo de válvula apropriada para poços que não permitem grande número de penetrações na cabeça do poço ou no tubing.
- Com atuadores combinados

## Controle de fluxo

- Outra classificação das valvulas:
  - ON-OFF: somente permitem a passagem ou não do fluxo;
  - Multi-Posicion: controlam a taxa de fluxo no processo, possuem diversas posições de bloqueio;
  - Variáveis infinitas: possuem sensores de posição para o controle de fluxo.

## Controle de Fluxo

- Outra classificação das valvulas é pelo tipo de orifício:
  - Orifício circular;
  - Orifício elíptico.
- Os parâmetros principais para especificação de uma válvula inteligente são: o fluxo, pressão máxima quando fechada e a pressão diferencial máxima.

## Vantagens e desvantagens

- **Vantagens:**
  - Reservatório melhor gerenciado;
  - Redução no número de poços para o desenvolvimento do reservatório;
  - Antecipação da produção;
  - Redução das intervenções no reservatório;
  - Otimização da produção e da injeção;
  - Aumento na taxa de recuperação final;
  - Monitoração constante do bom funcionamento dos equipamentos.
- **Desvantagens:**
  - Aumento do custo do poço;
  - Aumento na complexidade da completação do poço;
  - Aumento de intervenções por possíveis falhas nos equipamentos.

## Utilização de sistemas de controle

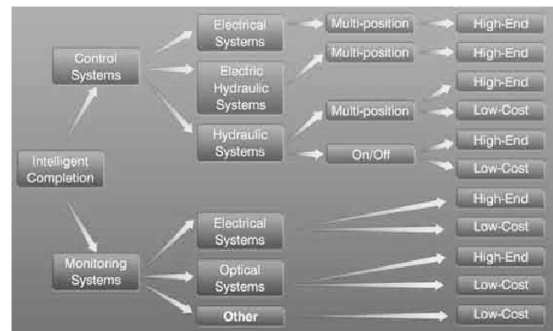


Figure 4 - IW qualification program

## Controle de fluxo

- Os níveis de inteligência são:
  - Nível 04: Monitoração da superfície de facilidades na produção;
  - Nível 03: Monitoração da superfície de facilidades na produção, mais a monitoração do poço;
  - Nível 02: Monitoração da superfície de facilidades na produção, mais a monitoração do poço e mais a monitoração do fundo do poço;
  - Nível 01: Monitoração da superfície de facilidades na produção, mais monitoração da completação inteligente.

## Prestadores de serviços

- Halliburton (<http://www.halliburton.com>). Sediada em Houston, Texas (EUA), essa empresa multinacional fornece sistemas de completação inteligente para empresas de petróleo de todo o mundo.
- Baker Hughes (<http://www.bakerhughes.com>). Outra gigante do setor sediada em Houston, fornecedora mundial de serviços e equipamentos para perfuração, completação e produção de hidrocarbonetos.
- Schlumberger (<http://www.slb.com>). Fundada em 1926 por dois irmãos franceses, hoje a empresa emprega mais de 76000 pessoas de mais de 140 nacionalidades trabalhando em aproximadamente 80 países.

## Prestadores de serviços

- A Weatherford (<http://www.weatherford.com>) deu os primeiros passos na tecnologia de campos inteligentes em 1996, na Noruega e hoje conta com mais de 100 instalações em operação no mundo em mais de 90 poços. Além disso, a empresa acumulou ao longo desse período mais de 1 milhão de horas de monitoramento por sensores óticos.
- Welltec (<http://www.welltec.com>). Sediada na Dinamarca, essa empresa também fornece produtos e serviços desde a perfuração até a produção.
- Gavea Sensors (<http://www.gaveasensors.com>). Sediada em São Cristóvão, Rio de Janeiro (BR), é a primeira empresa brasileira a desenvolver soluções inovadoras de monitoramento, utilizando sensores a fibra óptica.

## Concluindo

- O principal objetivo do desenvolvimento da Completção Inteligente, realizado em águas ultraprofundas, é a redução do número de poços para a exploração de campos. Essa redução pode ser alcançada fisicamente em alguns casos, mas do ponto de vista econômico, a redução do número de intervenções para antecipação da produção de zonas secundárias, torna-se o aspecto mais importante.
- A completação inteligente permite a melhoria de qualidade na gerência do reservatório devido à monitoração e ao controle de subsuperfície dos parâmetros da produção do tempo real;
- O sistema de poço inteligente fornece ferramentas para aumentar a recuperação final e para fornecer um diagnóstico mais preciso das falhas no equipamento e nos processos de produção.

## Concluindo

- Contudo, a operação inteligente exige maiores custos na completção e nem sempre é uma alternativa viável nos seguintes casos:
  - em águas rasas onde o custo da intervenção do poço é menor e não justifica a implementação de sistemas inteligentes para o controle dos poços;
  - campos com um alto grau de informação geológica e poucas incertezas da estrutura geológica, que poderia ser o caso de campos maduros;
  - formações com características isotrópicas (pouca incidência de falhas, canais e fraturas) e alta conectividade entre os poros, onde os perfis de saturação de óleo são mais previsíveis.